

Vergleichende retrospektive Untersuchung von
computertomographischen mit sonographischen sowie
uro- bzw. angiographischen Befunden an Organstrukturen
des Retroperitoneums — Querschnittstudie an einem
gemischten Krankengut

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin der
Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von
Jürgen Spahn
aus Neuss

Mainz, 1982

Aus dem Institut für Klinische Strahlenkunde der
Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Vergleichende retrospektive Untersuchung von
computertomographischen mit sonographischen
sowie uro- bzw. angiographischen Befunden an
Organstrukturen des Retroperitoneums - Quer-
schnittstudie an einem gemischten Krankengut

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Medizin der
Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
dem Fachbereich Medizin vorgelegt

von Jürgen Spahn
aus Neuss

Mainz, 1982

Dekan: Prof. Dr. med. K. H. Bäßler
1. Gutachter: Prof. Dr. med. H. Kiefer
2. Gutachter: Prof. Dr. med. M. Thelen



Tag der mündlichen Prüfung: 21. Sep. 1982

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
1.0 EINLEITUNG	5
2.0 ZIELSETZUNG UND UNTERSUCHUNGSGUT	6
3.0 METHODE	8
3.1 CT-Geräteentwicklung	8
3.2 Prinzip der computertomographischen Schichttechnik	10
3.3 Auswertesysteme und Speichermöglich- keiten	13
3.4 Beschreibung der für die Untersuchung benutzten CT-Einheit	14
4.0 ERGEBNISSE DER NIERENUNTERSUCHUNGEN	15
4.1 Normale Anatomie	15
4.2 Zystische Veränderungen	18
4.2.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultra- schall-, Urographie- und Angiographie- befunden	20
4.3 Fälle ohne pathologischen Befund	25
4.3.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultra- schall- und Urographiebefunden	25
4.4 Malignome	26
4.4.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultra- schall- und Angiographiebefunden	29
4.5 Sonstige Befunde	31
4.5.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultra- schall-, Urographie- und Angiographie- befunden	31
4.6 Diskussion	34

	Seite
5.0	ERGEBNISSE DER PANKREASUNTERSUCHUNGEN 47
5.1	Normale Anatomie 47
5.2	Fälle ohne pathologischen Befund 49
5.2.1	Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden 49
5.3	Chronische Pankreatitis 50
5.3.1	Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden 52
5.4	Akute Pankreatitis 52
5.4.1	Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden 54
5.5	Pankreaskarzinom 55
5.5.1	Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden 58
5.6	Diskussion 58
6.0	ERGEBNISSE DER NEBENNIERENUNTERSUCHUNGEN 68
6.1	Normale Anatomie 68
6.2	CT-Befunde bei Nebennierenerkrankungen 70
6.3	Dokumentation der CT-Befunde 74
6.4	Diskussion 75
7.0	ERGEBNISSE DER LYMPHKNOTENUNTERSUCHUNGEN 81
7.1	Normale Anatomie 81
7.2	CT-Befunde von Lymphknotenveränderungen 81
7.3	Dokumentation der CT-Befunde 83
7.4	Diskussion 84
8.0	ZUSAMMENFASSUNG 89
9.0	LITERATUR 98
	Anerkennung 108
	Lebenslauf 109

1.0 EINLEITUNG

Die Computertomographie (CT) hat sich unbestreitbar ihren Platz in der Radiologie erobert. Dies wird nicht zuletzt dadurch sichtbar, daß A. M. CORMACK und G. N. HOUNSFIELD 1979 für ihre grundlegenden Arbeiten den Nobelpreis für Medizin zugesprochen erhielten; der erste für seine Erstbeschreibung (1963) einer geschlossenen Theorie zu einem Röntgenschnittbildverfahren (18), der zweite für die technische Realisierung der die Radiologie revolutionierenden Methode (1973) (45). Ebenfalls im Jahre 1973 wurde die CT dann erstmalig von J. AMBROSE für die neuroradiologische Diagnostik eingesetzt (4). Nur ein Jahr später entwickelte R. S. LEDLEY die Ganzkörper-Computertomographie und wandte sie auch sofort klinisch an (56). Während die CT im Bereich von Gehirn und Gesichtsschädel von Anfang an eine unangefochtene Stellung erobern konnte, dauerte es wesentlich länger, bis sich klare Indikationen für die Ganzkörper-Tomographie abzeichneten. Mittlerweile hat die CT ihre Eignung bei der Untersuchung z. B. des Mediastinums, der Wirbelsäule, der Leber, des Retroperitonealraums sowie der Organe des kleinen Beckens unter Beweis gestellt (40, 83, 61, 30, 76). Selbst bei der nicht-invasiven Herzdiagnostik liefert die CT wertvolle Zusatzinformationen (53).

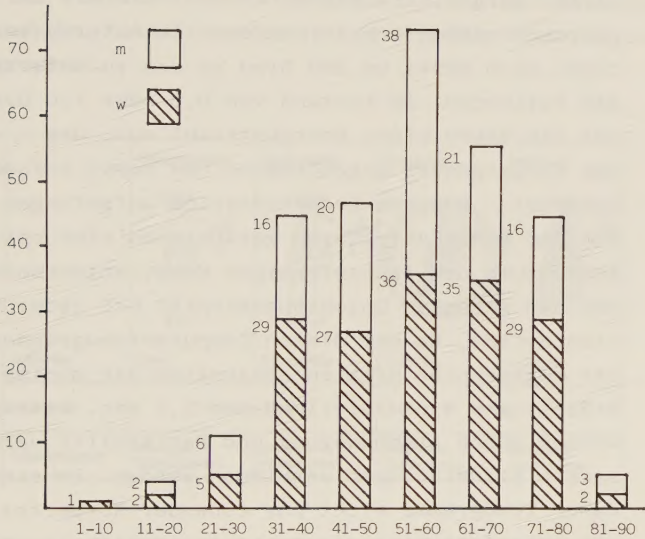
2.0 ZIELSETZUNG UND UNTERSUCHUNGSGUT

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, in einer retrospektiven Studie die diagnostische Treffsicherheit der CT mit jener der Sonographie und soweit möglich anderer Röntgenverfahren für Niere, Pankreas, Nebennieren und retroperitoneale Lymphknoten zu vergleichen. Es wurden die Unterlagen aller Patienten gesichtet, die zwischen Mai 1978 und Januar 1980 an der Deutschen Klinik für Diagnostik, Wiesbaden, in den genannten Körperregionen computertomographisch untersucht worden waren.

Im Gegensatz zu Spezialeinheiten mit ihrem stark selektionierten Patientengut versorgt die DKD ein gemischtes Untersuchungsgut. In der Regel sind Voruntersuchungen wie Sonographie oder traditionelle Röntgenaufnahmen bereits auswärts durchgeführt, bevor die Patienten zur weiteren Abklärung pathologischer Befunde in die DKD kommen, und die Indikationsstellung für die CT erfolgt aufgrund der auswärts erhobenen Diagnosen. Dieser Ablauf spiegelt die Situation der täglichen Praxis reeller wider, als dies in spezialisierten Institutionen der Fall ist. Die Ergebnisse dieser Untersuchung vermögen deshalb auch, Hinweise auf den Stellenwert der CT für den "diagnostischen Alltag" zu geben. Unberücksichtigt bleiben dabei freilich in der Zwischenzeit erfolgte technische Verbesserungen sowie der durch den Umgang mit den neuen Geräten erzielte Erfahrungszuwachs.

Insgesamt wurden 288 Fälle in die Studie aufgenommen. Davon waren 166 weiblichen und 122 männlichen Geschlechts.

Die Altersverteilung ist aus der Graphik ersichtlich. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Untersuchung 10 Jahre, der älteste 89 Jahre alt.



Graphik: Altersverteilung des Patientengutes

Nach den untersuchten Organen teilen sich die 288 Fälle folgendermaßen auf:

Niere	171
Pankreas	64
Nebennieren	33
Lymphknoten	20

3.0 METHODE

3.1 CT-Geräteentwicklung

Die CT ist eine nicht-invasive Röntgenmethode, mit der transversale Schichten des gesamten Körpers direkt dargestellt werden können. Ein mit der Röntgenröhre mechanisch verbundenes Detektorsystem dreht sich dabei um 360 Grad um den zu untersuchenden Patienten. Im Abstand von 0,5 oder 1,0 Grad sendet die Röhre einen Röntgenstrahl aus, der - durch das Körpergewebe abgeschwächt und somit informationsbehaftet - von dem Detektorsystem aufgefangen wird. Die 260 Einzeldetektoren garantieren eine optimale Ausnutzung des fächerförmigen Meßstrahlenbündels, das den gesamten Objektquerschnitt bei jeder Projektion erfaßt. Da bei diesen Computertomographen der sogenannten dritten Generation die minimale Meßzeit pro Winkelstellung nur 2,5 sec. beträgt, können durch Atembewegung und Peristaltik verursachte Bildstörungen vermieden werden. Es sind daher Tomogramme nicht nur ruhender Körperteile wie beispielsweise des Schädels möglich, sondern auch von Organen, die einer unfreiwilligen Bewegung unterliegen wie Leber, Nieren, Galle, Milz, die einzelnen Darmabschnitte selbst sowie pulsierende Gefäße. (Die Ausnahme stellt das Herz dar, das erst bei Aufnahmezeiten von 50 ms ohne Bewegungsartefakte scharf darstellbar ist.)

Demgegenüber hatten die Computertomographen der ersten Generation eine wesentlich längere Aufnahmezeit und ein geringeres Auflösungsvermögen (Abb. 1). Bei diesen älteren Modellen wanderten Röntgenröhre und Detektor linear über das ganze Objekt hinweg,

bevor durch eine Drehung der Apparatur eine neue Winkelstellung erreicht wurde. In dieser neuen Stellung tastete das Gerät dann wieder einmal das gesamte Objekt ab, drehte sich anschließend um ein Grad und so fort. Es ist einsichtig, daß bei diesem "Translation" genannten Prozeß der Bildaufbau sehr viel langsamer vor sich ging als mit den heutigen, auf dem Rotationsprinzip basierenden Computertomographen.

				
Meßzeiten	5min	20s bis 60s	1s bis 5s	1s bis 5s
Meßprinzip	Translation-Rotation		Rotation	
Detektorsystem	bewegter Einzeldetektor	bewegter Multidetektor	stationäres Detektorarray	drehendes Detektorarray

Abb. 1: Computertomographische Meßsysteme

Mit der Entwicklung der vierten Generation von Computertomographen ist ein weiterer Fortschritt erzielt worden. Das Detektorsystem ist keinen mechanischen Belastungen mehr ausgesetzt, da es stationär eingebaut ist. Die Röntgenröhre ist das einzige bewegliche Teil, was den Vorteil mit sich bringt, daß durch den Wegfall des sich bisher noch mitbewegenden Signalkabelbaumes eine höhere Betriebssicherheit erreicht wird. Weitere Verbesserungen betreffen die Speicherkapazitäten, die Möglichkeit, die Streulendosis und die Streustrahlung durch Ausfilterungen

störender Weichstrahlenanteile zu reduzieren, sowie eine noch effektivere Datenakquisition.

3.2 Prinzip der computertomographischen Schicht- technik

Die Art und Weise, wie das Bild aufgebaut wird, hat sich im Prinzip nicht verändert. Das von jedem Detektor registrierte Absorptionsprofil wird mittels eines eigenen Integrators summiert; die so erhaltenen Meßwerte werden über einen Analog-Digital-Rechner dem Bildrechner zugeführt. Da der Bildrechner in der Pause von etwa 10 ms bis zum nächsten Röntgenstrahlimpuls ein vollständiges Profil verarbeiten kann, ist es möglich, daß sofort nach der Meßzeit das fertige Bild abrufbereit im Bildspeicher vorliegt und auf dem Sichtgerät betrachtet und manipuliert werden kann (Abb. 2).

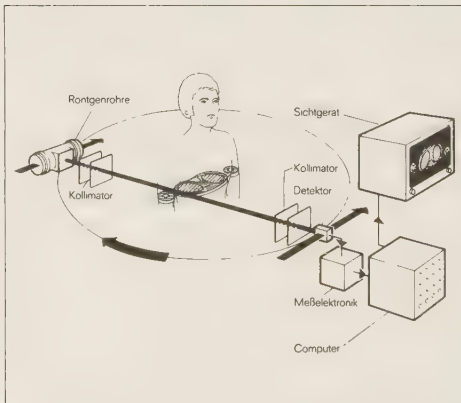


Abb. 2: Entstehung eines CT-Bildes

Auf dem Sichtgerät erfolgt eine Umwandlung der 2000 Werte umfassenden relativen Absorptionsskala in Graustufen. Das menschliche Auge vermag allerdings nur 15 bis 20 Graustufen zu unterscheiden, so daß daher nicht alle Details auf dem Sichtgerät gleichzeitig wahrnehmbar gemacht werden können. Mit Hilfe einer wählbaren Einstellung ("Fenster") kann jedoch ein Teilbereich der Absorptionsskala so ausgewählt werden, daß alle Strukturen betreffender Dichte kontrastreich auf dem Bildschirm dargestellt werden (Abb. 3). Interessieren beispielsweise Gewebsveränderungen der Beckenorgane, wird man auf der Absorptionsskala ein Fenster zwischen "128" und "256" wählen, wohingegen sich die Knochenstrukturen des Beckens erst zwischen "512" und "1024" beurteilen lassen. Die gewählte Fensterbreite wird jeweils mit Angabe der unteren und oberen Grenze sowie der Fenstermitte ins Bild eingeblendet.

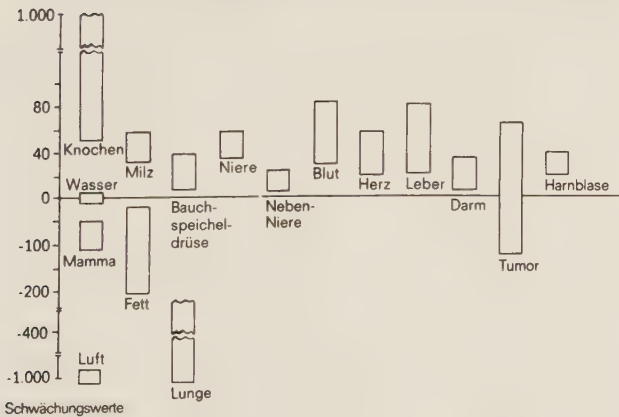


Abb. 3: CT-Schwächungswerte bezogen auf destilliertes Wasser = 0 HE (Hounsfield-Einheiten - 1000 bis + 1000)

Außerdem sind auf dem Bildschirm in jedes Tomogramm die Schichtdicke (in mm), der Kippwinkel der Abtasteinheit ("Gantry") und die Position des Patiententisches (in mm) - bezogen auf die Nullstellung bei Beginn der Untersuchung - angegeben (Abb. 4).

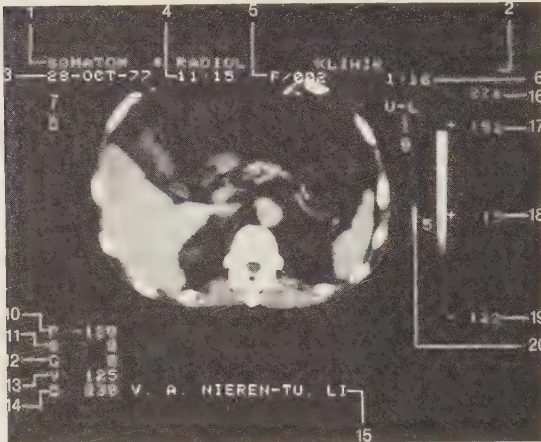


Abb. 4: Ausgangsbild, abgerufen vom Bilddatenträger

1 Aufnahmegerät; 2 Klinik/Arzt; 3 Untersuchungsdatum; 4 Untersuchungsuhrzeit; 5 Archivierungsnummer F/xxx für auf Floppy-Disk unter Nr. xxx archivierte Bilder; 6 Laufende Schichtnummer in der Aufnahmeolge eines Patienten; 7 Anfang des Patientennamens; 8 Anfang der Patientennummer; 9 Lagekennzeichnung an der im Bild bezeichneten Stelle bedeutet U: oben oder D: unten, R: rechts oder L: links; 10 Position des Patiententisches in mm bezogen auf die Nullstellung bei Beginn der Untersuchung; 11 Schichtdicke in mm; 12 Kippwinkel der Abtasteinheit; 13 Hochspannung in kV; 14 mAs Produkt des gewählten scan mode; 15 Kommentarfeld für maximal 120 alpha-numerische Zahlen; 16 Fensterbreite; 17 Obere Fenstergrenze; 18 Fenstermitte; 19 Untere Fenstergrenze; 20 Eingblendeter Referenzmaßstab (5 cm)

Um bei Wiederholungsaufnahmen möglichst immer dieselben Schichten zu treffen, wird das Gerät mittels eines dreidimensionalen Lichtvisiers auf einen Fixpunkt am Körper des Patienten in Nullstellung (= Referenzpunkt) tariert. Durch den ferngesteuerten Patientenvorschub kann dann die gewünschte Schicht aufgesucht werden. Ein eingeblendeter Referenzmaßstab (5 cm) ermöglicht genaue Messungen von Organgrößen und Abständen.

3.3 Auswertesysteme und Speichermöglichkeiten

Mit einem Koordinatengeber kann eine interessante Stelle im Bild markiert und aus neun Bildpunkten (= "pixel") der mittlere Dichtewert errechnet werden. Auf diese Weise lassen sich Konsistenzänderungen feststellen und Aussagen darüber treffen, ob es sich z. B. um solide Verdichtungen, zystische Veränderungen, frische Blutungen, Fettgewebe oder Verkalkungen handelt. Die Dichtemessung trägt aber auch zur Abgrenzung von Geweben gegeneinander bei, was zusätzlich durch gezielte Kontrastmittelapplikation erreicht werden kann.

Der Computertomograph ist mit einem Systemplatten-speicher gekoppelt, der das Betriebsprogramm enthält und zusätzlich 28 Schichtbilder in schnellster Meßfolge aufnehmen kann. Zur Langzeitarchivierung werden die Bilder auf Floppy-Disk oder Magnetband übertragen. Andere Dokumentationsmöglichkeiten sind Aufnahmen auf Klarsichtfilm (Matrixkamera) oder Polaroidbilder.

3.4 Beschreibung der für die Untersuchung benutzten CT-Einheit

Für die Untersuchungen wurde der Siemens-Computertomograph "SOMATOM SD" benutzt (Abb. 5), der nach dem oben beschriebenen Prinzip arbeitet und die nachfolgenden Besonderheiten aufweist. Das Gerät hat als Röntgenstrahler die Drehanodenröhre OPTI 151 mit einem 1,6 mm x 1,6 mm großen Brennfleck. Bei einer Röhrenleistung von 60 bis 600 mAs (Milli-Ampere-Sekunden) betragen die typischen Betriebswerte für die Spannung 96 kV (am Körper) bzw. 125 kV (am Kopf). Der Öffnungswinkel des Röntgenstrahler-Fächers mißt 42 Grad. Die 520 Kristall-Halbleiter-Detektoren haben einen Fokusabstand von 113,5 cm. Der Fokus-Haut-Abstand beträgt, abhängig von den Patientenabmessungen, 50 bis 76 cm. Die maximale Hautdosis wurde bei einer Meßzeit von 10 Sekunden am Alderson-Phantom mit ca. 24 mJ/kg (2,4 rad), die minimale Hautdosis bei einer Meßzeit von 5 Sekunden mit ca. 3 mJ/kg (0,3 rad) ermittelt. Die Bilddokumentation erfolgt mittels einer Polaroid-Kamera oder wahlweise mit z. B. VIDEOSPOT CT (Blattfilm-Kamera) oder MULTISPOT (8 x 10 inch bzw. 11 x 14 inch Blattfilm) mit einer Einteilung für 1 bis 16 Bilder. Bei einer Matrix 256 x 256 können im Systemplattenspeicher 40 Bilder, auf "Floppy-Disk" 16 Bilder und auf Magnetband ca. 200 Bilder gespeichert werden.

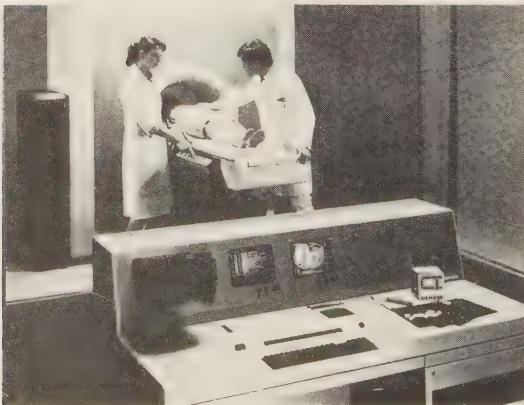


Abb. 5: Gesamtansicht der für die Untersuchung benutzten CT-Einheit

4.0 ERGEBNISSE DER NIERENUNTERSUCHUNGEN

4.1. Normale Anatomie

Die Körperquerschnitte der CT erlauben eine ausgezeichnete Darstellung der Nieren, die selbst beim mageren Patienten ausreichend von Fettgewebe umkleidet sind. Je nach der gewählten Schnittebene ist die Kontur oval bis annähernd kreisrund. In der Höhe des Nierenhilus zeigt sich medial ein Einschnitt, von wo aus das Gefäßbündel ventromedial in Richtung auf die untere Hohlvene und die Aorta zuläuft. Die Beziehung der Nieren zu den Nachbarstrukturen ergeben sich anschaulich aus den Abbildungen 6 und 7.

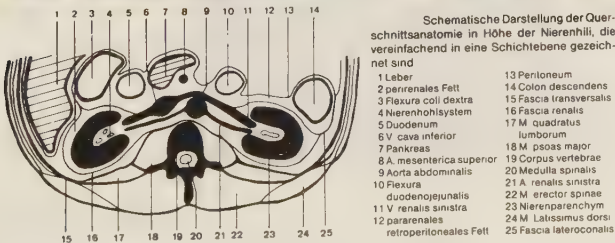


Abb. 6 a,b: Normale Anatomie der Nieren in Nativbild und Skizze (aus 44.)

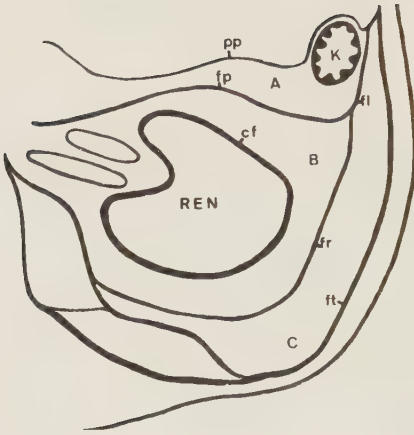


Abb. 7a: Darstellung der Nierenfaszien in der Skizze (aus 44).

cf = Capsula fibrosa, fp = Fascia praerenalis, fr = Fascia retrorenalis, fl = Fascia lateroconalis, ft = Fascia transversalis, A = vorderer pararenaler Raum, B = perirenaler Raum, C = hinterer pararenaler Raum, K = Kolon



Abb. 7b: Darstellung der Nierenfaszien im Nativbild: Fall einer Perinephritis mit verdickter F. retrorenalis und F. transversalis

Normales Nierengewebe weist Dichtewerte zwischen 30 und 50 Hounsfield-Einheiten (HE) auf; es setzt sich deutlich vom umgebenden Fettgewebe mit seinen Dichtewerten von -20 bis -100 HE ab. Aufgrund unterschiedlicher Absorptionswerte für Urin lassen sich auch die Nierenbecken gut abgrenzen. Bei Zuhilfenahme nierengängiger Kontrastmittel steigen die Dichtewerte im Parenchym (80 bis 120 HE) sowie im Hohlraumssystem erheblich an (81) (Abb. 8). Durch das Kontrast-Enhancement läßt sich vor allem die linksseitig relativ horizontal verlaufende Nierenvene deutlich darstellen (38).

Bei insgesamt 288 computertomographischen Untersuchungen wurden 171 nephrologische Befunde erhoben. Die Tabelle 1 gibt eine Aufschlüsselung nach den Diagnosen:

Zysten	69
ohne Befund	45
Malignome	24
sonstige:	33
Hydronephrose	10
Lipomatose	5
Tumor	4
Hypoplasie	4
Nierenstein	4
Xanthogranulomatose	2
Nephrozirrhose	2
funktionslose Niere	1
Abszeß	1

4.2 Zystische Veränderungen

Nierenzysten grenzen sich im Computertomogramm von normalem Nierenparenchym glatt und scharf ab. Sie stellen sich auf der Schnittfläche mit runder oder ovaler Kontur dar und haben eine homogene Dichte mit wasseräquivalenten oder gering darüber liegenden Werten (9). Im Gegensatz zum normalen Nierenparenchym steigen die Dichtewerte von Zysten nach Gabe eines intravenös applizierten Kontrastmittels nicht an (20).

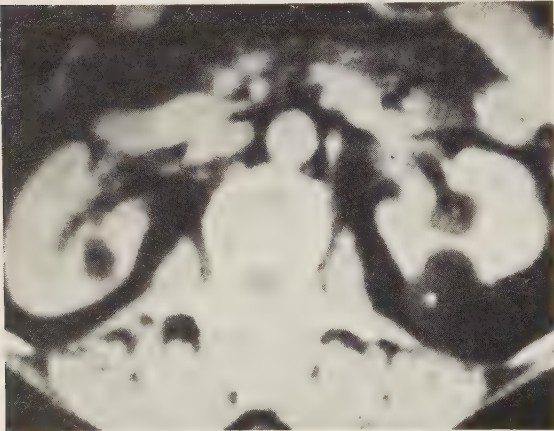


Abb. 8: Parenchymzyste in der rechten Niere mediodorsal und randständiges Lipofibrom der linken Niere dorsal (- 45 HE) - Zustand nach Kontrastmittelinfusion mit Kontrastmittel-Enhancement.

"Nierenzyste" war der am häufigsten erhobene Befund im Rahmen der Nierenuntersuchungen (40,35 %). Sie trat entweder als Solitärzyste im Bereich der verschiedenen Nierenareale (Abb. 8), als parapelvine

Zyste (Abb. 9) oder als zystische Degeneration (Abb. 10) in Erscheinung.

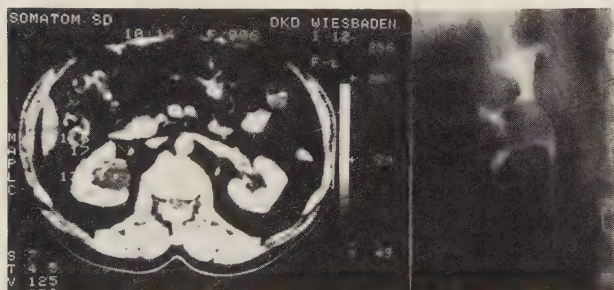


Abb. 9: Parapelvine Zyste der rechten Niere: Kontrastgefülltes Hohlsystem komprimiert und nach ventral verlagert. Im Urogramm (rechts) ließ sich ein zentraler Nierenbeckenprozeß nicht ausschließen.

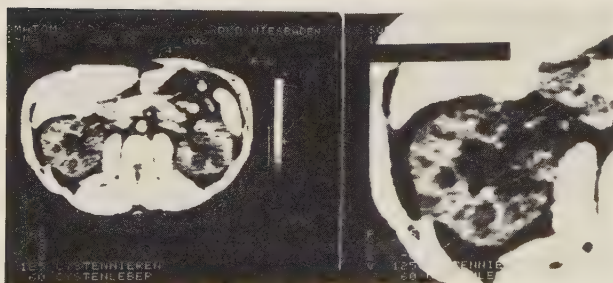


Abb. 10: Zystische Degeneration beider Nieren ("angeborene Zystenniere"); in der rechten Bildhälfte vergrößerte Darstellung der rechten Niere.

4.2.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschall-, Urographie- und Angiographie-Befunden

Außer den 69 computertomographischen Untersuchungen kam 39mal die Sonographie zur Anwendung, 28mal wurde mittels Uro- und elfmal mittels Angiographie vorgegangen. In 24 Fällen wurden CT, Ultraschall und Uro- bzw. Angiographie hintereinander eingesetzt, wobei die CT als Referenzmethode herangezogen wurde, wenn die endgültige Klärung der Diagnose nicht durch Operation, Biopsie oder Sektion erfolgen konnte.

Die Tabelle 2 zeigt, wie oft insgesamt bei den einzelnen Methoden die Ergebnisse richtig positiv, richtig negativ, falsch positiv oder falsch negativ waren:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 69)	69	0	0	0
%	100	0	0	0
Sonographie (n = 39)	26	0	3	10
%	66,6	0	7,7	25,6
Urographie (n = 28)	21	0	2	5
%	75	0	7	18
Angiographie (n = 11)	10	0	0	1
%	90	0	0	10

Einen direkten Vergleich der Ergebnisse von CT und Uro- bzw. Angiographie zeigt die Tabelle 3:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 39)	39	0	0	0
	% 100	0	0	0
Urographie (n = 28)	21	0	2	5
	% 75	0	7	18
Angiographie (n = 11)	10	0	0	1
	% 90	0	0	10

Diese Ergebnisse lassen sich in zwei Untergruppen aufteilen: In 15 Fällen war die Uro- bzw. Angiographie als Zusatzmethode neben der CT zur Anwendung gekommen (s. Tabelle 4), in 24 Fällen war außer diesen Methoden zusätzlich eine Ultraschall-Untersuchung durchgeführt worden (s. Tabelle 5).

Tabelle 4:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 15)	15	0	0	0
Urographie (n = 11)	6	0	2	3
Angiographie (n = 4)	4	0	0	0

Hier gehen alle falschen Ergebnisse zu Lasten der Urographie. Dreimal wurde die Fehldiagnose "ohne Befund" gestellt, zweimal anstelle einer Zyste eine solide Raumforderung vermutet. Bei den richtig-positiven Ergebnissen wurde nach Urographie einmal lediglich von einem Hinweis auf eine Zyste gesprochen.

Tabelle 5:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 24)	24	0	0	0
Urographie (n = 17)	15	0	0	2
Angiographie (n = 7)	6	0	0	1
(Sonographie (n = 24)	15	0	3	6)

Auch wenn sich angesichts der geringen Fallzahlen Prozentangaben verbieten, läßt sich doch feststellen, daß in dieser Aufstellung die Urographie gegenüber der CT besser abschneidet als in Tabelle 4: Trotz der größeren Fallzahl (17 gegenüber 11) sind die falschen Ergebnisse hier geringer. Bei den beiden falsch-negativen Ergebnissen der Urographie lautete die Fehldiagnose wie bei dem falsch-negativen Ergebnis der Angiographie "ohne pathologischen Befund".

Stellt man die Ergebnisse der CT sowie der Sonographie gegenüber, erhält man das Bild der Tabelle 6:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 39)	39	0	0	0
%	100	0	0	0
Sonographie (n = 39)	26	0	3	10
%	66,6	0	7,7	25,6

Auch hierbei wollen wir die Fälle (n = 15) gesondert betrachten, bei denen die beiden Diagnosemethoden allein angewandt wurden.

Tabelle 7:

	r+	r-	<u>f+</u>	f-
Computertomogr. (n = 15)	15	0	0	0
Sonographie (n = 15)	11*	0	0	4

Einschränkend muß festgehalten werden, daß nach der Sonographie in zwei Fällen, die der Kategorie richtig-positiv zugerechnet sind*, nur der Verdacht auf eine Zyste ausgesprochen werden konnte. In dem einen Fall war fraglich, ob es sich nicht um einen Tumor handeln könnte; in dem anderen Fall wurde die Diagnose "Hydronephrose" in Betracht gezogen. Bei den vier falsch-negativen Ergebnissen war kein pathologischer Befund erhoben worden.

Die Tabelle 8 zeigt noch einmal die Ergebnisse der 24 Fälle, in denen CT, Sonographie sowie Uro- bzw. Angiographie hintereinander angewandt wurden.

Tabelle 8:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 24)	24	0	0	0
Sonographie (n = 24)	15	0	3	6
(Urographie (n = 17)	15	0	0	2)
(Angiographie (n = 7)	6	0	0	1)

Bei den sechs falsch-negativen Ergebnissen der Sonographie war viermal fälschlich die Diagnose "ohne pathologischen Befund" gestellt worden. Einmal konnte keine Klärung erzielt werden, einmal wurde eine Doppelniere diagnostiziert. Die falsch-positiven Ergebnisse waren zweimal Verdacht auf Tumor und einmal auf Hydronephrose.

Insgesamt ergibt sich, daß bei allen Ultraschalluntersuchungen in 33 % die Ergebnisse falsch waren; dabei bleibt zu berücksichtigen, daß selbst bei richtig-positiven Ergebnissen die Sonographie nicht immer zu so klaren Aussagen kam, daß auf weitere diagnostische Verfahren hätte verzichtet werden können.

Mit einer Fehlerquote von 25 % ist die Urographie bei der Diagnostik von Nierenzysten nicht viel verlässlicher als der Ultraschall. Lediglich die Angiographie mit 90 % richtig-positiven Ergebnissen ist in der Effizienz der CT beim Aufspüren von Nierenzysten annähernd ebenbürtig.

4.3 Fälle ohne pathologischen Befund

4.3.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschall- und Urographiebefunden

In 45 Fällen (26,3 %) lautete die endgültige Diagnose "ohne pathologischen Befund". Dieses Ergebnis kam siebenmal durch die CT allein, zehnmal durch CT und Urographie sowie 16mal durch CT und Ultraschall zustande. Alle drei diagnostischen Verfahren wurden in 12 Fällen gemeinsam angewandt. Die Tabelle 9 gibt eine Gesamtübersicht über die richtig-negativen und falsch-positiven Ergebnisse:

	r-	f+
Computertomogr. (n = 45)	44	1
%	97,8	2,2
Sonographie (n = 28)	10	18
%	35,7	64,3
Urographie (n = 22)	17	5
%	77,3	22,7

Vergleicht man die CT mit der Urographie, ergibt sich die Tabelle 10:

	r-	f+
Computertomogr. (n = 22)	21	1
Urographie (n = 22)	17	5

Bei den falsch-positiven Ergebnissen im Urogramm handelte es sich einmal um die Fehldiagnose "Kelch-konkrement", zweimal wurde Verdacht auf eine Nieren-zyste ausgesprochen und zweimal lautete die Ver-dachtsdiagnose "Nierentumor". In einem dieser Fälle konnte auch nach CT ein Nierentumor nicht sicher ausgeschlossen werden, ein Befund, der durch Obduk-tion jedoch nicht bestätigt wurde.

Die Tabelle 11 zeigt die Situation bei einem Ver-gleich zwischen CT und Ultraschall:

	r-	f+
Computertomogr. (n = 28)	28	0
	% 100	0
Sonographie (n = 28)	10	18
	% 35,7	64,3

Bei den sonographischen Fehldiagnosen war achtmal eine solide Raumforderung und siebenmal eine Nieren-zyste festgestellt worden. In drei Fällen wurde der Verdacht auf Tumor oder Zyste geäußert.

4.4 Malignome

Die computertomographische Diagnose eines Hyper-nephroms erfolgt aufgrund seines Erscheinungsbildes und der Analyse der Dichtewerte. Es weist eine unregelmäßige und wellige Randkontur auf und ist vom Nierenparenchym unscharf abgegrenzt. Die Schnitt-fläche ist inhomogen, wobei die hypodensen Zonen

nekrotischen oder zystischen Anteilen entsprechen (43). Die Dichtewerte des Hypernephroms (30 bis 50 HE) liegen im Bereich normalen Nierengewebes (81) oder (besonders bei Nekrotisierung des Tumorgewebes) darunter (Abb. 11).

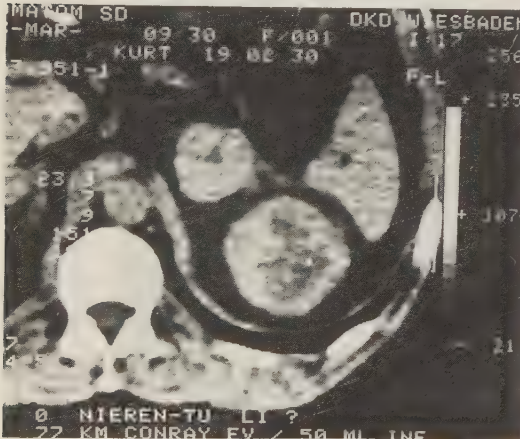


Abb. 11: Hypernephroides Karzinom der linken Niere: Vergrößerung und Umformung der Niere, unregelmäßig begrenzte hypodense Areale (Mittelwert um 23 HE) - Nebennierenmetastase rechts

Bei der Kontrastmittelgabe kommt es meist zu einem Dichteanstieg des gesunden Parenchyms, wohingegen die Dichte des Tumors nicht oder nur sehr gering zunimmt (90). Bei Serien-Angio-CT kann der zeitliche Dichteanstieg registriert werden. Bei stark vaskularisierten Tumoren geht meist der Dichteanstieg im Tumor dem Dichtemaximum des Normalgewebes voran. Sind im Zentrum des Hypernephroms Verkalkungen vorhanden, stellen sie sich als dichte punktförmige und strichförmige Gebilde dar. Die vom Urothel

ausgehenden Karzinome des Nierenbeckenkelchsystems werden meist zuerst im Urogramm erfaßt, lassen sich jedoch auch nach i.v. KM-Gabe im CT darstellen (Abb. 12 a,b).

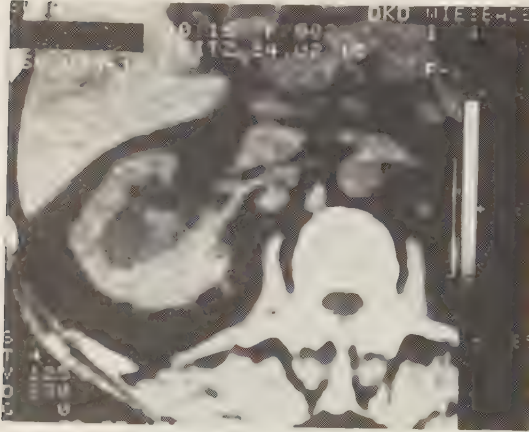


Abb. 12a

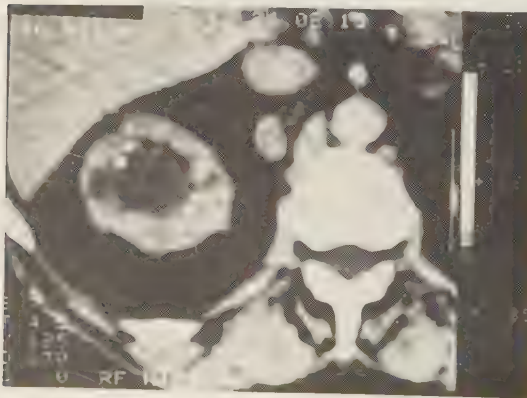


Abb. 12b

Abb. 12 a,b: Nierenbeckenkarzinom und Nierenkelchsteine rechts: Unterschiedliche Dichtewerte im Nierenbecken, asymmetrische Parenchymverdickung, Aufweitung des Nierenhilus.

4.4.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschall- und Angiographiebefunden

Die Diagnose "Malignom" wurde in insgesamt 24 Fällen (14 %) gestellt. Von den diagnostischen Methoden kamen die CT allein dreimal, CT und Angiographie zusammen achtmal, CT und Ultraschall dreimal und alle Verfahren zusammen zehnmal zum Einsatz. Die Zahl der richtigen und falschen Diagnosen faßt die Tabelle 12 zusammen:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 24)	24	0	0	0
%	100	0	0	0
Sonographie (n = 13)	8	0	0	5
%	61,5	0	0	38,5
Angiographie (n = 18)	17	0	0	1
%	94,4	0	0	5,6

Stellt man die Fälle gegenüber, bei denen jeweils CT und Angiographie zur Diagnose herangezogen wurden, ergibt sich das Bild der Tabelle 13:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 18)	18	0	0	0
Angiographie (n = 18)	17	0	0	1

Bei dem Fall mit falsch-negativem Ergebnis war im Angiogramm ein Hypernephrom-Rezidiv übersehen worden.

Einen Vergleich zwischen CT und Ultraschall gibt die Tabelle 14 wider:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 13)	13	0	0	0
Sonographie (n = 13)	8	0	0	5

Unter die fünf falsch-negativen Ergebnisse ist ein Fall eingestuft, bei dem sonographisch keine Beurteilung möglich war. In drei Fällen wurde zwar jeweils an der anderen Niere eine Veränderung angegeben (zweimal eine "Zyste", einmal ein "Prozeß im oberen Nierenpol"), das Hypernephrom bzw. einmal das Hypernephrom-Rezidiv jedoch nicht diagnostiziert (Abb. 13). Der fünfte Fall ist mit demjenigen identisch, bei dem auch im Angiogramm ein Rezidiv unerkant geblieben war.

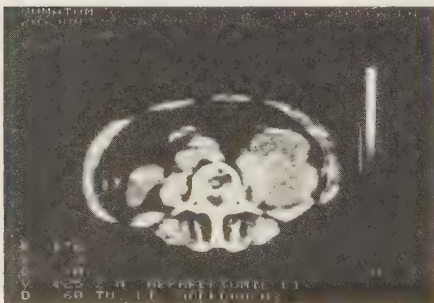


Abb. 13: Großer Rezidivtumor nach Nephrektomie wegen linksseitigen Hypernephroms

4.5 Sonstige Befunde

Die Gruppe "sonstige" ist in sich sehr heterogen und läßt sich wegen der geringen Fallzahlen pro Diagnose nur eingeschränkt beurteilen. Der Vollständigkeit halber ist in Tabelle 15 trotzdem festgehalten, wie oft mit den einzelnen Diagnoseverfahren richtige bzw. falsche Ergebnisse erzielt wurden.

4.5.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschall-, Urographie- und Angiographie-Befunden

Tabelle 15:

	r+	r-	f+	f-	r+	r-	f+	f-	r+	r-	f+	f-	r+	r-	f+	f-
	CT				US				Uro				Angio			
Hydronephrose	9	0	0	1	2	0	0	1	4	0	0	1	1	0	0	0
Lipomatose	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
Tumor	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0
Hypoplasie	4	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0
Nierensteine	3	0	0	1	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	0
Xanthogranulomatose	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Nephrocirrhose	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
funktionslose Niere	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Abszeß	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Summe	29	0	1	3	3	0	1	6	12	0	0	3	6	0	0	0

Im folgenden wollen wir die Ergebnisse der verschiedenen Methoden noch einmal darstellen.

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 33)	29	0	1	3

Von der CT wurde einmal ein Nierenstein nicht entdeckt, im anderen Fall eine Hydronephrose nicht erkannt und im dritten Fall die mittels Angiographie diagnostizierte Nephrocirrhose als "Niere ohne pathologischen Befund" interpretiert. Bei dem falsch-positiven Befund war eine Nierendysplasie als Tumor verkannt worden (Abb. 14).

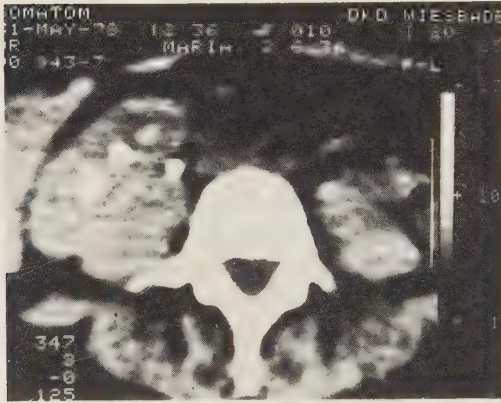


Abb. 14: Polyzyklische, zum Nierengewebe isodense Tumorbildung im mediodorsalen Anteil der rechten Niere mit mäßiger Verlagerung der kontrastmittelgefüllten Nierenkelche; die zusätzlich durchgeführte selektive Angiographie und die weitere Verlaufskontrolle zeigten, daß es sich um eine angeborene Dysplasie handelte.

	r+	r-	f+	f-
Ultraschall (n = 10)	3	0	1	6

Bei dem falsch-positiven Befund handelte es sich um die Verdachtsdiagnose "Nierentumor", während tatsächlich eine Hypertrophie bei hochgradiger

Nierenhypoplasie der kontralateralen Seite vorlag (Abb. 15 a,b). Auch bei den falsch-negativen Ergebnissen wurde zweimal eine Hypoplasie fehlinterpretiert; einmal wurden Nierensteine übersehen. In einem weiteren Fall wurde anstelle einer Kelchsystemerweiterung ein Tumor diagnostiziert, in einem anderen Fall eine Nephrocirrhose nicht erkannt.

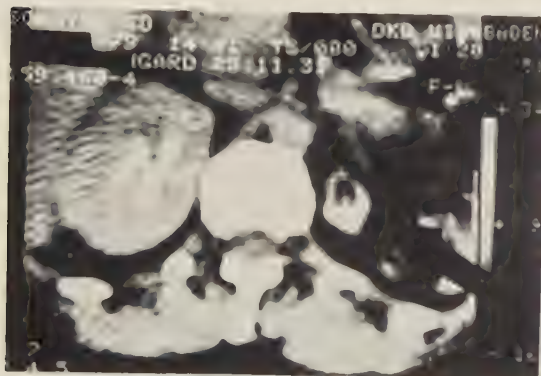


Abb. 15a



Abb. 15b

Abb. 15 a,b: Hypertrophierte rechte Niere bei hochgradiger Hypoplasie links; Bestätigung des Befundes durch die Aortographie.

	r+	r-	f+	f-
Urographie (n = 15)	12	0	0	3
Angiographie (n = 6)	6	0	0	0

Die Fehldiagnosen der Urographie betrafen einmal eine Hyperplasie, einmal eine Hydronephrose, in beiden Fällen wurde eine funktionslose Niere diagnostiziert. Im dritten Fall blieb - trotz Tomographie - ein Nierenstein unentdeckt, der sich im Computertomogramm aber darstellte.

4.6 Diskussion

In unsere Untersuchung wurden alle im Zeitraum von 21 Monaten an den Nieren computertomographisch untersuchten Patienten einbezogen. Soweit diese Patienten auch ein Sonogramm und/oder ein Uro- bzw. Angiogramm erhalten hatten, wurden die Ergebnisse miteinbezogen, um im Vergleich den diagnostischen Stellenwert der CT beurteilen zu können. Dabei kann der Vergleich allerdings keinen Anspruch auf statistische Relevanz erheben, da die CT, wo sie nicht sowieso die alleinige Diagnosemethode war, meist auf Urographie und Ultraschall folgte. Es lag also zum einen die Interpretation der Voruntersuchungen vor, und zum anderen wurden all jene Fälle unberücksichtigt gelassen, deren Ergebnisse eindeutig waren und deshalb eine CT gar nicht mehr nötig machten. Eine retrospektive Analyse ist trotzdem sinnvoll, da auf diesem Wege die tägliche Praxis im Klinikbetrieb recht gut nachvollzogen werden kann (60).

Auf der Grundlage dieser einschränkenden Gegebenheiten ist es nicht verwunderlich, daß die CT bei den Nierenuntersuchungen deutlich besser abschnitt als der Ultraschall und die Uro- bzw. Angiographie.

In der Tabelle 16 sind die jeweils richtigen Ergebnisse der verschiedenen Methoden gegenübergestellt:

	CT	US	Uro	Angio
Zysten	100 %	66,6 %	75,0 %	90,0 %
Malignome	100 %	61,5 %	-	94,4 %
o. B.	97,8 %	35,7 %	77,3 %	-

Zysten: In einem Drittel aller Fälle, in denen nach der Sonographie zusätzlich die CT herangezogen wurde, war die Ultraschall-Diagnose fehlerhaft. In zehn Fällen wurde eine Zyste nicht erkannt, und dreimal anstelle der Zyste ein solider Tumor bzw. eine Hydronephrose diagnostiziert (Abb. 16).

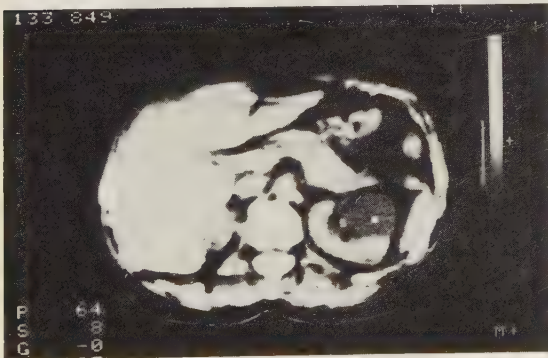


Abb. 16: Zentrale Nierenzyste links; im Ultraschall fälschlicherweise als Hydronephrose diagnostiziert.

Die nicht erkannten Zysten lagen entweder im Bereich des oberen Nierenpols (insgesamt vier Fälle) oder im Bereich des Nierenhilus (drei Fälle). In drei weiteren Fällen waren die Zysten kleiner als 3 cm im Durchmesser. Dies sind gerade die Schwachpunkte der sonographischen Diagnose von Nierenzysten. Während der Ultraschall die Grenze seines Auflösungsvermögens bei ca. 3 cm Durchmesser hat (5), können mit dem Computertomographen noch Zysten mit einem Durchmesser von 1,5 cm (42) und sogar von 1,0 cm (20) erkannt werden. Zysten im oberen Polbereich der Nieren entgehen wegen der Überlagerung durch die 12. Rippe ebenfalls der Sonographie leicht (28). Die Überlegenheit der CT bei der Diagnose parapelviner Zysten ist auch von anderen Autoren schon beschrieben worden (60).

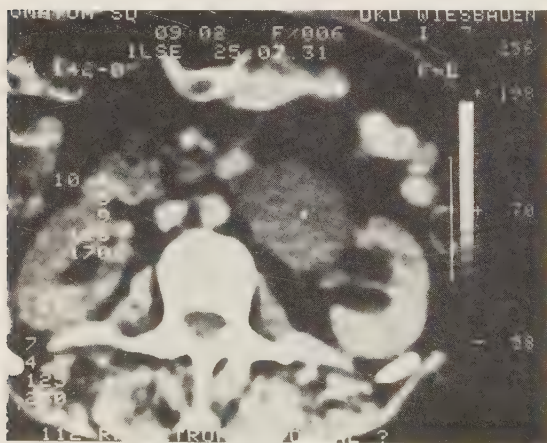


Abb. 17: Subpelviner Tumor links, der wegen der Dichtewerte (ca. 10 HE) als zystischer Tumor angesehen wurde. Bei Punktion keine Flüssigkeit absaugbar, deshalb operative Entfernung. Histologie: Mukoides Liposarkom. (Beispiel für Interpretationsfehler der Dichtewerte bei Tumoren mit Mischgewebe)

Es darf freilich nicht übersehen werden, daß die Diagnose "Nierenzyste" in der Mehrzahl der Fälle ohne klinische Relevanz und Konsequenz bleibt. Auf der Basis von Sektionsuntersuchungen wird angenommen, daß nahezu die Hälfte der über 50 Jahre alten Bevölkerung eine oder mehrere Zysten aufweist (1). 96 % aller Nierenzysten gelten zudem als harmlos (7), so daß die Diskussion aufkam, ob eine routinemäßige Punktion von Nierenzysten überhaupt noch sinnvoll ist (81, 66).

Schwerer fallen dagegen die falsch-positiven Ergebnisse des Ultraschalls ins Gewicht sowie die Tatsache, daß selbst bei den richtig-positiven Ergebnissen die Ultraschall-Diagnose nicht immer so sicher war, daß der Untersucher auf eine weitere diagnostische Abklärung durch die CT verzichten mochte.

Malignom: Die Diagnose eines Hypernephroms gelang durch Ultraschall in 61,5 % der Fälle. Es wurden zweimal ein Rezidiv und zweimal ein Hypernephrom übersehen, dafür aber an der nicht betroffenen Niere Veränderungen beschrieben. In einem Fall konnte gar keine Angabe zur Diagnose gemacht werden, obwohl bereits im Urogramm eindeutige Tumorphinweise vorhanden waren und der Tumor ca. 10 cm im Durchmesser groß war.

Faßt man die richtigen Ergebnisse des Ultraschalls bei den Zysten (66,6 %) und den Malignomen (61,5 %) zusammen, ergibt sich mit 64,05 % eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von LEVITT und Mitarbeitern. LEVITT hatte sein Patientengut ebenfalls retrospektiv analysiert und beim Auffinden von raumfordernden Prozessen für den Ultraschall eine

Trefferquote von 64 % angegeben (28). Auch bei der CT liegen unsere Ergebnisse (100 %) nahe bei jenen LEVITTS (95 %). Andere Autoren (28, 31, 64) hingegen weisen für die Sonographie eine Tefferquote bei raumfordernden Prozessen in der Niere zwischen 90 und 95 % aus, wobei allerdings auch dort die CT im Vergleich besser abschneidet (28).

Die CT ist nicht nur bei der Diagnose des Hypernephroms dem Ultraschall überlegen, sie hat auch der Angiographie gegenüber entscheidende Vorteile. Zunächst einmal erlaubt die CT als einzige nicht-invasive Methode die recht genaue Bestimmung der Tumorgroße. Mit der herkömmlichen präoperativen Diagnostik gab es eine Irrtumswahrscheinlichkeit von etwa 40 % (5).

Von Bedeutung für die Operationsvorbereitung und die Prognose der Nierenkarzinom-Patienten ist der Beitrag der CT zur Stadieneinteilung des Hypernephroms (78). Die CT stellt sehr deutlich das Überschreiten der Organgrenzen dar und gibt so die Möglichkeit, die exakte Tumorausdehnung in den Retroperitonealraum, einen Einbruch in die Nierenvene sowie regionäre Lymphknoten-Metastasen zu erfassen (Abb. 19 a-c). Besonders die Abbildung hilärer und paraaortaler Metastasen gelingt mit der CT leichter, besser und billiger als mit der Angiographie (62).

Zur Erfassung der Tumorausdehnung auf die Nierenvene oder die untere Hohlvene wird die routinemäßige Bolusinjektion eines Kontrastmittels in die Nierenvene vorgeschlagen (62); hierbei läßt sich ein Einbruch in die linke Nierenvene in der Regel leicht-

ter darstellen als in die rechte Vene, deren Verlauf kürzer und diskreter ist (59).

Günstig wirkt sich bei der CT auch aus, daß mit ein und derselben Untersuchung auch etwaige Lebermetastasen aufgespürt werden können (59). Ein weiterer Vorteil gegenüber der Angiographie besteht darin, daß die CT in der Lage ist, die 5 % angiographisch gefäßlosen Nierentumoren zu diagnostizieren (5).

Für die Erfassung post-operativer Komplikationen nach Nephrektomien ist die CT die Methode der Wahl (38). Nicht nur kann die Ausdehnung eines Tumor-Rezidivs (Abb. 13) in den retroperitonealen Raum eindeutig bestimmt werden (38), Rezidive sind schon ab einer Größe von 2 cm Durchmesser darstellbar (44). Die exakte Lokalisation und Berechnung des Zielvolumens geben für die Therapieplanung (Bestrahlungsdosis) und -kontrolle wesentliche Hinweise (44).

Im Gegensatz zur CT tut sich der Ultraschall bei der Diagnose eines Hypernephroms - besonders linksseitig - schwer: Es fehlt dort ein der Leber adäquates "akustisches Fenster", und Überlagerungen von Darmgasen sowie Bauchfett bei adipösen Patienten wirken sich störend aus (11). Eine Differenzierung von Rezidiv und Darmschlingen, die sich ins Nierenlager vordrängen, ist bei der CT durch die Gabe eines oralen Kontrastmittels leichter möglich (3).



Abb. 19 a,b

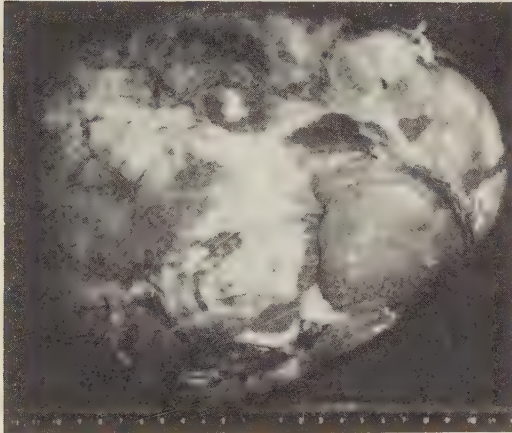


Abb. 19c

Abb. 19 a-c:

Hypernephroides Karzinom der rechten Niere.

a) Der Tumor füllt im CT-Bild die gesamte rechte Bauchhälfte aus und weist zentral Nekrosen und Verkalkungen auf. Bei der hypodensen Zone im rechten Leberlappen konnte eine Differenzierung zwischen einer Lebermetastase und dem oberen, das Lebergewebe imprimierenden Tumoranteil nicht vorgenommen werden. Deshalb b) Selektive Angiographie der A. hepatica und A. renalis rechts. Man erkennt die extreme Verlagerung der Leberarterie - keine Lebermetastase im Angiogramm sichtbar. Extreme Spreizung der Nierenarterienäste aufgrund der erheblichen Tumorausdehnung. c) Operationspräparat: normales Nieren-Restparenchym im dorsomedialen Bereich entsprechend dem im CT dargestellten, durch Kontrastmittel angereicherten Nierenrest, in dem eine kleine Parenchymzyste auffällt.

Natürlich gibt es für die CT auch bei der Diagnose von Hypernephromen Einschränkungen. So ist - wie bei der Angiographie - die Abgrenzung gegen andere vom Parenchym ausgehende Malignome und die gutartigen Tumoren sehr schwierig. Lediglich aufgrund des Fettgehalts und der negativen Dichtewerte ist die Differenzierung von Angioleiomyolipomen möglich (44) (Abb. 8). Auch bei der Bestimmung der Organzugehörigkeit eines Tumors kann es Schwierigkeiten geben, so z. B. wenn Tumoren der Nebennieren oder des Kolons so dicht mit der Niere verbacken sind, daß der Ursprung nicht eindeutig lokalisierbar ist (44).

Bei der post-operativen Nachsorge ist es oft nicht leicht, Rezidive von Narbengewebe zu unterscheiden, das z. B. nach konservativer Therapie von para- oder perinephritischen Entzündungen resultieren kann (46). Probleme schaffen auch Artefakte, die durch Metallclips verursacht werden (3), mit denen nach üblichen Operationsverfahren der abgesetzte Nierensstil markiert wird (46).

Trotz der mannigfachen Vorteile der CT steht bei Nierenerkrankungen die Urographie am Anfang der Diagnostik. Aufgrund ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten ist sie die geeignetste Grunduntersuchung. Da bei Abbildung der Nieren eine Abdomenübersicht miteingeschlossen ist, lassen sich gleichzeitig zur Beurteilung der Nieren wichtige Nebebefunde erheben. Als Beispiel seien nur aufgeführt: Ileus und Subileus, Verkalkungen der großen Gefäße und des Pankreas sowie Gallen- oder Nierensteine. Nach Gabe eines nierengängigen Kontrastmittels lassen sich nicht nur durch Tumorverdrängung, Harn-

stau oder entzündliche Prozesse verursachte Veränderungen des Kelchsystems darstellen, sondern auch Verlagerungen der Ureter erkennen.

Schwierigkeiten ergeben sich freilich dadurch, daß - bedingt durch den anterior-posterioren Strahlengang - Darmgase oder eine Adipositas zu störenden Überlagerungseffekten führen können. Da die Strahledosis pro Röntgenaufnahme schon größer ist als bei der CT, bedeuten wiederholte Bilder nach Kontrastmittelinfusion oder bei Schichtaufnahmen eine nicht zu unterschätzende Strahlenbelastung. Als störend wirkt sich auch aus, daß nicht alle Konkreme in der Urographie darstellbar sind.

Findet sich im Urogramm eine verdächtige Raumforderung, wird sich zur Abklärung in der Regel ein Echogramm oder eine CT anschließen. Welcher der beiden Methoden der Vorzug gegeben wird, hängt von den jeweiligen Vor- und Nachteilen ab und wird von Fall zu Fall entschieden werden müssen.

Die Sonographie bietet den Vorteil, verhältnismäßig kostengünstig zu sein und für den Patienten kein Strahlenrisiko zu bringen. Die Effektivität der Methode ist jedoch - wie bei keiner anderen radiologischen Untersuchung - sehr stark von bestimmten Voraussetzungen abhängig. Der Patient darf nicht allzu adipös sein, und die pathologischen Veränderungen dürfen sich nicht an Stellen befinden, die von anderen Strukturen überlagert sind. Zudem sind die Ergebnisse stark von der Erfahrung des Untersuchers abhängig, was dazu führt, daß selbst positive Ergebnisse nicht immer absolut verbindlich sind und dann doch noch zusätzlich eine CT angeordnet werden muß.

Die CT ist dagegen weniger vom Bediener abhängig. Sie hat ein besseres Auflösungsvermögen und eignet sich besonders bei adipösen Patienten. Da sie einen Gesamtquerschnitt des Körpers liefert, ist sie nicht organbezogen und kann wertvolle Nebentbefunde diagnostizieren. Durch die Dichtemessung ist sie außerdem befähigt, Aussagen über die Natur einer Raumforderung zu machen (Abb. 20). Die Gabe von Kontrastmitteln erleichtert die Abgrenzung pathologischer oder gesunder anatomischer Strukturen. Durch die Möglichkeit, immer wieder die annähernd gleiche Schnittebene aufzusuchen, eignet sich die CT auch gut für Verlaufskontrollen. Hier ist vor allem die Beobachtung nach Nephrektomien eine Domäne der CT. Auch in der Tumordiagnostik kommt ihr eine wesentliche Bedeutung zu, da sie eine Stadieneinteilung und präoperative Planung erlaubt.



Abb. 20:

Großer paranephritischer Abszeß der linken Niere ventrolateral bei infiziertem Nierenbeckenstein und Kelchhydronephrose. Zusätzliche Abszedierung retrorenal neben dem linken M. psoas - Nebentbefund: geschichtetes Gallenblasenkonkrement. (Beispiel für die gleichzeitige Erfassung mehrerer pathologischer Prozesse)

Aus diesen Gründen gehen einige Zentren dazu über, die CT direkt im Anschluß an die Urographie durchzuführen, wenn noch Kontrastmittel im uro-genitalen System vorhanden ist (65). Auf diese Weise kann dem Patienten in einer großen Zahl von Fällen eine wiederholte Kontrastmittelgabe erspart werden. Nativaufnahmen sind nur dann unabdingbar, wenn strahlendurchlässige Nierensteine oder renale Blutungen vorliegen. Mit dem Verzicht auf primäre Nativaufnahmen lassen sich sowohl die Untersuchungszeit, als auch die Strahlenbelastung reduzieren (25).

Die CT kann sogar anstelle der Urographie als erste Untersuchung nötig sein, wenn Patienten auf nierengängige Kontrastmittel allergisch sind oder sich aufgrund einer extrem verringerten Nierenfunktion die Gabe eines Kontrastmittels verbietet (81).

Neben der Strahlenbelastung werden als wesentlicher negativer Faktor der CT die hohen Anschaffungs- und Folgekosten angegeben. Wenn man bedenkt, daß insgesamt die CT mehr Informationen liefert als der Ultraschall und oft selbst positive Ergebnisse der Sonographie noch nicht den Schluß der Diagnostik bedeuten, muß die Diskussion um die Kosten relativiert werden. Wie eine Studie aus London beeindruckend nachweist, wird die Diagnostik (es handelte sich hierbei um palpable Bauchtumoren) mit der CT schneller und letztlich billiger erstellt als mit anderen Methoden (23). Wohl waren die Kosten pro Untersuchung für die CT am höchsten. Durch eine signifikante Verkürzung des Krankenhausaufenthaltes war am Ende jedoch die Gesamtrechnung für die nur mit CT diagnostizierten Patienten deutlich niedriger.

Die dritte Stufe der Nierendiagnostik schließlich bildet die invasive Methode der Angiographie. Obwohl sie besonders in der Tumordiagnostik gegenüber der CT als gleichwertig zu betrachten ist, wird die nur diagnostische Angiographie in Zukunft weniger zum Einsatz kommen. Ihr Schwerpunkt wird sich auf die therapeutische Embolisation und Katheter-Angioplastie verlagern. Außerdem wird die Digital Vascular Imaging-Technik eine weitere Reduktion der invasiven angiographischen Diagnostik nach sich ziehen. Wenn beide Techniken (CT und Imaging-Technik) keine eindeutige Interpretation zulassen, kommt besonders die selektive Angiographie zu ihrem Recht.

5.0 ERGEBNISSE DER PANKREASUNTERSUCHUNGEN

5.1 Normale Anatomie

Das Pankreas dehnt sich in einer Länge von ca. 15 bis 22 cm zwischen der C-Schlinge des Duodenums und dem Milzhilus aus. Da der Kopf weiter kaudal, Körper und Schwanz aber weiter kranial (in der Höhe des 2. Lendenwirbelkörpers) liegen, ist das Pankreas gewöhnlich in mehreren Schichten abgebildet. Als Bezugsorgan kann die Arteria mesenterica superior dienen, die dorsal vom Pankreaskörper verläuft (46). Will man den Pankreaskopf aufsuchen - ohne mit einem Kontrastmittel die Duodenalschlinge darstellen zu wollen - kommt man in vielen Fällen zum Erfolg, wenn man die Mündung der linken Nierenvene in die V. cava inferior einstellt (Abb. 6). Diese liegt posterior zum Pankreaskopf (51). Annähernd horizontal liegt dem Pankreaskörper und -schwanz auf der dorsalen Seite die Vena lienalis an, die nur durch eine dünne Fettschicht getrennt ist (Abb. 21). Manchmal stellt sich dieser Fettstreifen auf dem Computertomogramm-Bild dar und kann als dilatierter Ductus pancreaticus fehlinterpretiert werden (15). Der antero-posteriore Durchmesser des Pankreas beträgt im Kopfbereich maximal 3 cm, im Körperbereich 2,5 cm und im Schwanzbereich 2 cm (36) (Abb. 22).

Das normale Pankreas weist Dichtewerte zwischen 30 HE und 45 HE auf, die nach Gabe eines nierengängigen Kontrastmittels auf 60 HE bis 85 HE ansteigen (34). Erhöhte Dichtewerte im Nativbild sind verdächtig auf Fibrosierung oder Kalkeinlagerungen.

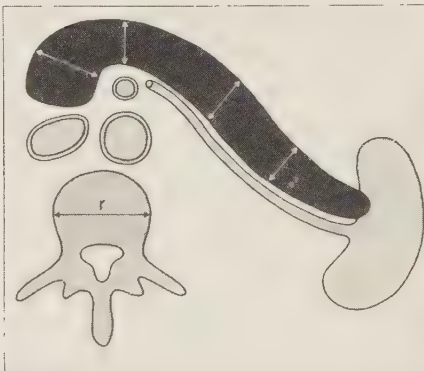


Abb. 21a



Abb. 21b

Abb. 21 a,b: Darstellung von Corpus und Cauda pancreatis. Truncus coeliacus mit Aufteilung in A. lienalis und A. hepatica (Abb. 21a). Darstellung des Gesamtverlaufs der V. lienalis (vom Milzhilus bis zur Einmündung in die V. portae). In dieser Schicht ist nur ein Teil des Pankreas dargestellt (Abb. 21b).



A	$25 \pm 3,0 \text{ mm}$	$A/r < 1$
B	$19 \pm 2,5 \text{ mm}$	$C/r < 2/3$
C	$20 \pm 3,0 \text{ mm}$	
D	$15 \pm 2,5 \text{ mm}$	

Referenzstruktur: Wirbelkörper-Querdurchmesser (r)

Abb. 22

Bei fettarmen Patienten kann die Differenzierung des Pankreas gegenüber den benachbarten Organen (Duodenum, Magen) Schwierigkeiten bereiten. Durch die orale Verabreichung eines Kontrastmittels ist es aber auch in solchen Fällen möglich, Größe und Kontur des Pankreas zu bestimmen (87). Die intravenöse Gabe von Glucagon erweist sich als günstig bei der Reduzierung von artefiziellen Streifenbildungen (70), besonders bei Geräten mit längeren Abtastzeiten.

Bei 288 computertomographischen Untersuchungen wurden 64 Befunde am Pankreas erhoben. Davon waren:

ohne Befund	23
chron. Pankreatitis	24
akute Pankreatitis	9
Pankreaskarzinom	7
Pankreaszyste	1

5.2 Fälle ohne pathologischen Befund

5.2.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden

Die insgesamt 23mal erhobene Diagnose "ohne Befund" kam achtmal allein durch die CT zustande. In 15 Fällen war außer der CT auch die Sonographie angewandt worden. Die Tabelle 17 gibt eine Gesamtübersicht über die richtig-negativen und falsch-positiven Ergebnisse:

	r-	f+
Computertomogr. (n = 23)	23	0
	% 100	0
Ultraschall (n = 15)	3	12
	% 20	% 80

Bei den sonographischen Fehldiagnosen war sechsmal eine Pankreatitis und fünfmal ein Tumor festgestellt worden. In einem Fall konnte der Ultraschall keine Angabe zur Diagnose machen.

5.3 Chronische Pankreatitis

Im Computertomogramm wird die Diagnose "chronische Pankreatitis" vor allem nach dem Erscheinungsbild der Bauchspeicheldrüse gestellt. Das Organ ist oft diffus oder lokal vergrößert, kann aber auch atrophisch sein. Neben den häufig vorliegenden Kalzifikationen unterschiedlicher Größe und Ausdehnung sind Pseudozysten, hin und wieder eine Erweiterung des Ductus pancreaticus und in vielen Fällen Unregelmäßigkeiten der Kontur (15) weitere Merkmale der chronischen Pankreatitis (Abb. 23 und 24). Dichtemessungen spielen lediglich bei der Erfassung von Kalzifikationen und der lipomatösen Degeneration eine Rolle. Allerdings gelingt es bisher nicht, mit Hilfe der CT frühzeitig "Mikrokalzifikationen" nachzuweisen (26).

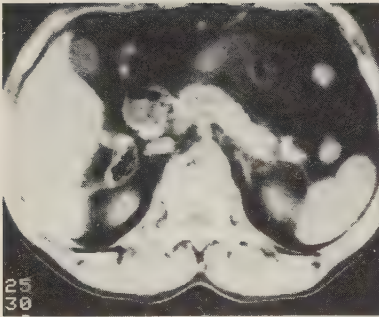


Abb. 23a

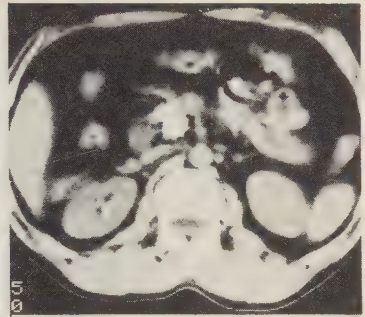


Abb. 23b

Abb. 23 a,b: Chronische, kalzifizierende Pankreatitis: Tüpfelige Verkalkungen in Corpus und Cauda pancreatis (Abb. 23a) und schollige Verkalkung im Pankreaskopf (Abb. 23b).

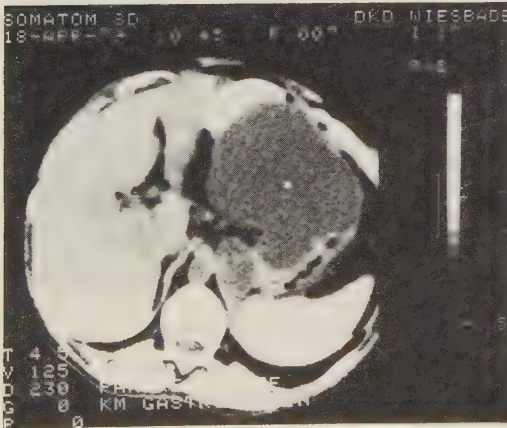


Abb. 24: Sehr große Pseudozyste im Bereich des Pankreasschwanzes bei chronischer Pankreatitis.

5.3.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden

Die Diagnose "chronische Pankreatitis" wurde in 24 Fällen gestellt. Neunmal kam die CT allein und 15mal CT und Ultraschall gemeinsam zum Einsatz. Die Zahl der richtigen und falschen Diagnosen gibt die Tabelle 18 wider:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 24)	22	0	0	2
%	88,9			11,1 %
Ultraschall (n = 15)	9	0	2	4
%	60		13,3	26,7 %

Bei den falsch-negativen Ergebnissen im Computertomogramm war die chronische Pankreatitis nicht erkannt und das Pankreas als "ohne Befund" beschrieben worden. Die falsch-negativen Ergebnisse des Ultraschalls lauteten in zwei Fällen "ohne Befund", zweimal konnten keine Angaben zum Krankheitsbild gemacht werden. Anstelle der Pankreatitis wurde bei den beiden falsch-positiven Ergebnissen einmal ein Pankreaskopftumor und einmal ein Karzinom diagnostiziert.

5.4 Akute Pankreatitis

In der Mehrzahl der Fälle ist die Bauchspeicheldrüse bei der akuten Entzündung aufgrund des Ödems vergrößert. Auch die unscharfe Organbegrenzung beruht auf der niedrigen Dichte des Ödems (Abb. 25).

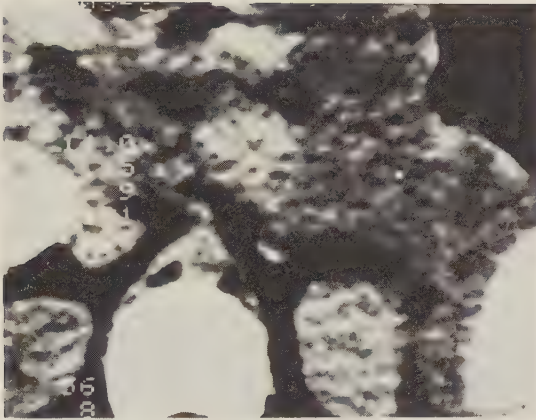


Abb. 25a

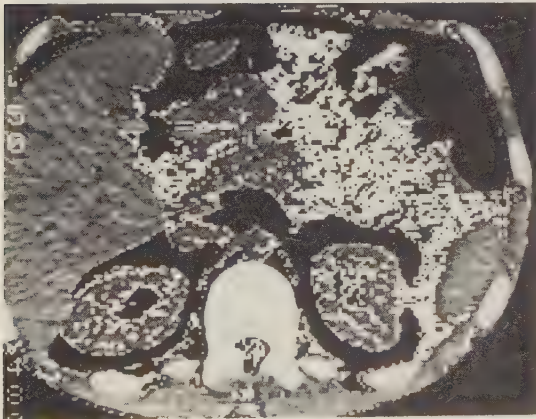


Abb. 25b

Abb. 25 a,b: Peripankreatisches Ödem des Pankreas-
körpers und -schwanzes mit Ausbreitung
bis zum Milzhilus, zur linken Kolon-
flexur und retrogastral. Die typischen
Dichtewerte des entzündlichen Ödems
sind als weiße Punkte hervorgehoben
- sog. Highlighting (Abb. 25b).

Wenn die Exsudation in den peripankreatischen Raum sehr umfangreich ist, kann es zur Obliteration des umgebenden Fettgewebes kommen (51). Durch die enzymatischen Aktivitäten des Trypsins ist es möglich, daß sich der Entzündungsprozeß über die faszialen Grenzen des Retroperitonealraumes in die Pararenalräume ausbreitet (37). Unter Umständen sind Dichteinhomogenitäten durch Nekrosen, Abszedierungen (Abb. 26) oder Hämorrhagien zu beobachten (52).

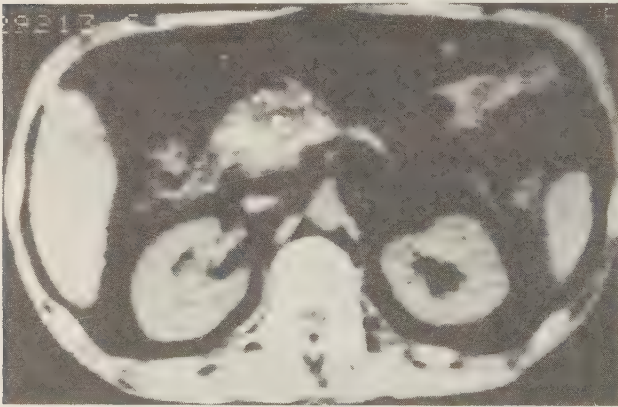


Abb. 26: Abszedierung im Kopf/Körperbereich des Pankreas (operativ gesichert).

5.4.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden

Die Diagnose "akute Pankreatitis" wurde neunmal erhoben, wobei in sechs Fällen die CT und der Ultraschall gemeinsam eingesetzt wurden. Die Tabelle 19 stellt die Zahl der richtigen und falschen Ergebnisse dar:

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 9)	7	0	0	2
Ultraschall (n = 6)	4	0	1	1

Die falsch-negativen Ergebnisse der CT beruhten auf der Fehldiagnose "ohne Befund", desgleichen der eine falsch-negative Fall im Ultraschall. Dem sonographisch falsch-positiven Resultat lag die Diagnose "Tumor" zugrunde.

5.5 Pankreaskarzinom

Es gibt keine Computertomographie-Befunde, die eine spezifische Diagnose des Pankreaskarzinoms zulassen. Dessen Erscheinungsbild ähnelt oft anderen Erkrankungen der Bauchspeicheldrüse wie z. B. der Pankreatitis (15). Erst eine Kombination aus direkten und indirekten Zeichen kann die Differenzierung eines Karzinoms erbringen. Wenn der Tumor den Durchmesser von Kopf, Körper oder Schwanz überschreitet, wird er als umschriebene Organvergrößerung sichtbar (Abb. 27).

Da die Dichtemessung in der Regel keine Unterschiede zwischen Tumor und normalem Pankreasgewebe zeigt, entgehen die kleinen Karzinome der Diagnose. Die untere Nachweisgrenze für Pankreaskopftumoren liegt für die CT zwischen 1,5 cm und 3 cm (67, 80) (Abb. 28). Manchmal läßt sich der Tumor als ein hypodenser Bezirk darstellen, wenn nach einer intra-venösen Bolusinjektion eines Kontrastmittels eine Dichtezunahme des normalen Pankreasgewebes erfolgt.

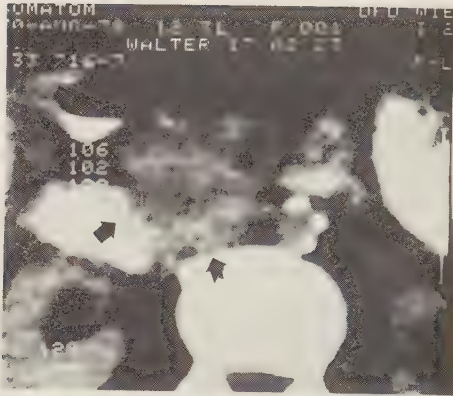


Abb. 27a

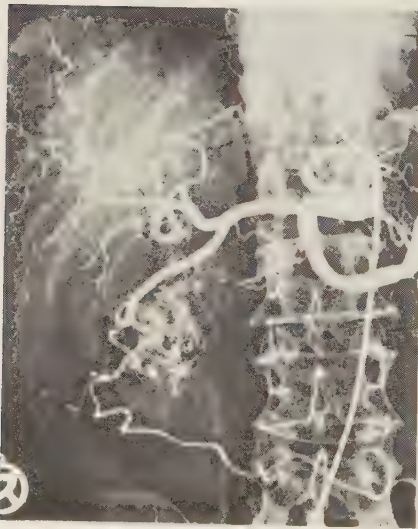


Abb. 27b

Abb. 27 a,b:

Pankreaskarzinom: a) Knollige Vergrößerung des Pankreaskopfes, inhomogene Gewebsdichte. b) Bestätigung des Pankreaskopfkarzinoms durch Zöliakographie: Deutliche Tumorgefäßbildung der Pankreaskopfarterien medial der A. gastroduodenalis.

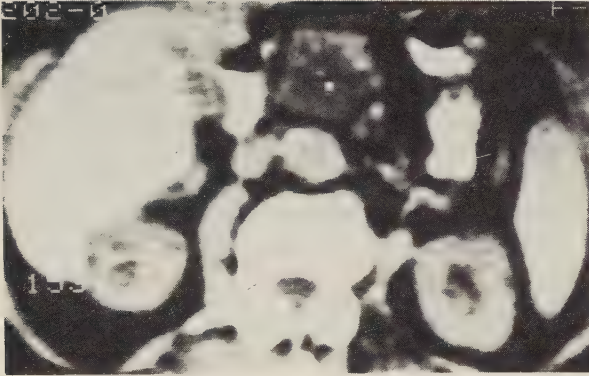


Abb. 28: Knapp 3 cm großes Pankreaskopfkarzinom, hypodens zum normalen Pankreasgewebe.

Konturunregelmäßigkeiten deuten auf ein perifokales Ödem, aber auch auf Tumordinfiltrationen ins dorsal gelegene retroperitoneale Fettgewebe. Ist die Infiltration so weit fortgeschritten, daß eine Abgrenzung der Tumormassen gegen die Arteria mesenterica superior und die Aorta unmöglich ist, wird dies als Zeichen für Inoperabilität gewertet (6, 39).

Indirekte Tumorzeichen sind Lebermetastasen, erweiterte gestaute intra- und extrahepatische Gallengänge, Dilatation des Ductus pancreaticus sowie vergrößerte retroperitoneale Lymphknoten. Der Verlauf und die Klinik des Pankreasprozesses sowie die Mitverwertung von Pankreasfunktionstesten erlauben in einigen Fällen eine richtige Einordnung der computertomographischen Befunde.

5.5.1 Vergleich der CT-Ergebnisse mit Ultraschallbefunden

Siebenmal wurde ein Pankreaskarzinom diagnostiziert. In fünf Fällen wurde zusätzlich zur CT die Sonographie angewandt. Die Tabelle 20 stellt die Ergebnisse beider Methoden gegenüber.

	r+	r-	f+	f-
Computertomogr. (n = 7)	7	-	-	-
Ultraschall (n = 5)	3	-	-	2

In einem Fall lautete die falsch-negative Diagnose im Ultraschall "ohne Befund", im zweiten Fall konnte nach Ultraschall kein Urteil abgegeben werden.

5.6 Diskussion:

Obwohl dem Pankreaskarzinom in der Vergangenheit zunehmende diagnostische Aufmerksamkeit gewidmet worden ist, konnte bis heute keine maßgebliche Verbesserung in der Früherkennung erzielt werden. Dabei nimmt die Häufigkeit dieses Krebses laufend zu, in den vergangenen 20 Jahren hat sie sich in der Bundesrepublik Deutschland verdoppelt. Die Fünf-Jahres-Überlebensrate wird mit einem bis drei Prozent angegeben (80).

In den USA macht das Pankreaskarzinom drei Prozent aller Krebsarten und fünf Prozent aller Krebstoten aus. Bei den Männern ist das Pankreaskarzinom die vierthäufigste Todesursache bei Krebserkrankungen. Nach Brust-, kolorektalem,

Lungen- und Uteruskrebs ist es bei den amerikanischen Frauen die fünfthäufigste Todesursache bei Krebserkrankungen. Für das Jahr 1979 wurden 23.000 neue Pankreaskarzinomfälle in den Vereinigten Staaten erwartet (41).

Die niedrige Überlebensrate spiegelt die Schwierigkeit wider, das Pankreaskarzinom in einem frühen Stadium zu diagnostizieren. In 90 Prozent der Fälle mit Pankreaskarzinom ist eines der ersten Symptome ein obstruktiver Ikterus. Wird er durch einen Prozeß im Pankreaskopf erzeugt, ist die Prognose meistens günstiger als wenn der Ikterus von einem Körper- oder Schwanzkarzinom verursacht wird. Zum Zeitpunkt der Operation haben sich aber bereits 85 bis 90 Prozent der Pankreaskarzinome über die Bauchspeicheldrüse hinaus ausgedehnt oder sind metastasiert (41).

Mit der CT kann man einen Pankreastumor erst erkennen, wenn die Bauchspeicheldrüse lokal oder diffus vergrößert ist. Allerdings besteht die Schwierigkeit, daß bereits die normale Größe des Pankreas von Individuum zu Individuum sehr stark variiert. Anhand großer Patientenkollektive wurde versucht, Richtwerte für eine Normgröße zu ermitteln. Neben den oben angeführten Zentimetermaßen wird folgende Berechnung empfohlen: Von einer Vergrößerung des Pankreas kann man ausgehen, wenn die antero-posteriore Abmessung des Pankreaskopfes größer ist als der transversale Durchmesser des zweiten Lendenwirbelkörpers. An Körper und Schwanz darf die Dicke des Pankreas höchstens zwei Drittel des Querdurchmessers des Lendenwirbelkörpers betragen (35, 75) (Abb. 22).

Der so gebildete Quotient liegt in der Mehrzahl der Fälle bei 0,7 - mit einer Schwankungsbreite von 0,5 bis 1,0. Allerdings kann bereits ein Karzinom im Pankreaskopf vorliegen, auch wenn der Quotient den Wert von 1,0 nicht übersteigt. Es besteht erfahrungsgemäß eine starke Überlappung zwischen normaler und pathologischer Organgröße (87). Die CT-Diagnose eines Pankreaskopfkarzinoms unter 3 cm stellt deshalb auch die Ausnahme dar (67), obwohl die untere Nachweisgrenze der Methode mit 1,5 bis 2,0 cm Tumordurchmesser angegeben wird (80). Im Einzelfall kann eine Frühdiagnose gelingen, wenn im Computertomogramm eine Erweiterung des Ductus pancreaticus auffällt, ohne daß der stenosierende Prozeß bereits sichtbar wäre (80).

Pankreaskopftumoren wachsen oft kaudal und erreichen ihre größte Ausdehnung in Höhe der Nierengefäße (67). Dem muß durch entsprechende Wahl der Schnittebene Rechnung getragen werden. In etwa zehn Prozent der Fälle kommt es zu falsch-positiven Ergebnissen bei der Diagnose eines Pankreaskarzinoms durch die CT (80), wobei in 50 Prozent dieser Fälle Prozesse in der Umgebung des Pankreas eine Bauchspeicheldrüsenvergrößerung vortäuschen (85). Vor allem Lymphome der Nodi lymphatici hepatici und ausge dehnte, in die Pankreasloge einwachsende Tumoren der Nebennieren, des Kolons und des Retroperitoneums (46) sowie Flüssigkeits-gefüllte Darmschlingen (87), aber auch Aneurysmen der Eingeweidegefäße (85) können zu derartigen Fehldiagnosen führen. Durch die Untersuchung der Patienten in Rechtsseitenlage nach vorheriger Gabe eines oralen Kontrastmittels lassen sich diese falsch-positiven Ergebnisse zum Teil vermeiden (46).

Für die Diagnostik von Pankreaskarzinomen ist von Bedeutung, daß eine Größenzunahme des Organs allein noch keine Differenzierung erlaubt. Alle sogenannten "direkten" Karzinomzeichen im Computertomogramm - hierzu zählen außer der Organvergrößerung die Konturunregelmäßigkeit, die Obliteration des peripankreatischen Raumes sowie erniedrigte Dichtewerte (15) - werden auch bei der akuten bzw. chronischen Pankreatitis beobachtet. Die Diagnose wird im Computertomogramm deshalb vor allem durch die sekundären Begleitbefunde ermöglicht. Erweiterte Gallengänge, die Dilatation des Ductus pancreaticus und Metastasen in den peripankreatischen und retroperitonealen Lymphknoten sowie in der Leber geben die entscheidenden Hinweise.

Tabelle 21 stellt die eigenen Ergebnisse der diagnostischen Treffsicherheit von CT und Ultraschall für das Pankreaskarzinom einigen Zahlen aus der Literatur gegenüber (r = richtig; f = falsch; u = unbestimmt; v = technischer Versager):

Autoren	CT			US			N
	r	f	u/v	r	f	u/v	
Barkin (1977)	27	5	1	30	2	1	33
Haaga (1977)	5	2	0	4	3	0	7
Sheedy (1977)	26	1	4	20	5	6	31
Braganza (1978)	5	1	1	6	0	1	7
Levitt (1978)	7	0	3	0	1	9	10
Fiegler (1980)	5	2	0	4	3	0	7
Gmelin (1981)	6	2	2	5	4	1	10
eigene	5	0	0	3	2	0	5

Auch wenn in den wiedergegebenen Arbeiten die Fallzahlen überwiegend klein sind, läßt sich doch ein Trend zugunsten der CT ablesen. Bei etwa gleichem Auflösungsvermögen von durchschnittlich 3 cm bietet die CT durch die Darstellung des Pankreasumfeldes bessere Differenzierungsmöglichkeiten bei der Diagnose des Pankreaskarzinoms. Wo allerdings wegen der fehlenden Fettschicht zwischen den Organen oder wegen Bewegungsartefakten keine Diagnose möglich ist, kann die Sonographie weiterhelfen.

Manche Autoren weisen darauf hin, daß sich beide Methoden zum Auffinden eines Pankreaskarzinoms eignen und sich durch ihre (schon im Nierenkapitel beschriebenen) Vor- und Nachteile sinnvoll ergänzen (60). Allerdings bleibt zu beachten, daß die Zahl nicht auswertbarer Bilder bei der Sonographie im allgemeinen höher liegt. Es sind bis zu 20 % technischer Versager beschrieben (19). Außerdem ist die Aussagekraft der Sonographie in hohem Maße von der Qualität des Untersuchers abhängig (12). Wenn bei einem klinischen Verdacht auf Pankreaskarzinom die Ultraschall-Untersuchung Zweifel offen läßt, sollte eine CT angeschlossen werden (10).

Trotzdem ist es so, daß sich die Erwartungen in die CT bei der Diagnose operabler Pankreaskarzinome auch in den letzten Jahren nicht erfüllt haben (33). Ein besonderes Problem stellt die hohe Zahl an falsch-positiven Ergebnissen bei der CT dar (12), die zum Teil mit mehr als zehn Prozent vorkommen (80).

In allen Fällen, in denen die CT keine Entscheidung über die endgültige Diagnose zuläßt, wird die Einbeziehung der ERCP in die Diagnostik des Pankreaskarzinoms empfohlen (87, 33). Einer Kombination beider Methoden wird gerade bei der Erfassung von Pankreaskopftumoren eine große Aussagekraft beigemessen (67). Die ausgezeichnete Darstellung der äußeren Gestalt des Pankreas durch die CT wird in idealer Weise durch die Darstellung des inneren Gangsystems mittels der ERCP komplettiert (6). Die ERCP ist dann sogar unerläßlich, wenn das diagnostizierte Karzinom operiert werden soll, da der Chirurg durch sie Aufschluß über die Abflußverhältnisse der ableitenden Gallenwege erhält (33). Zeitigen CT und ERCP verschiedene Ergebnisse, sollte stets der pathologische Befund als maßgebend für das weitere Vorgehen berücksichtigt werden (71).

Die Differenzierung zwischen Pankreaskarzinom und Pankreatitis ist für die CT sehr schwierig, wenn eine lokale oder diffuse Organvergrößerung das einzige Symptom ist (74), das - wie bereits erwähnt - bei beiden Erkrankungen vorkommt (63). Nahezu unmöglich ist die Differenzierung, wenn sich ein Karzinom auf dem Boden einer chronischen Pankreatitis entwickelt hat (58).

Bei der chronischen Pankreatitis sind für die Diagnose weitere Hinweise entscheidend wie Verkalkungen, Fehlen der dorsalen Fettschicht, lokale oder diffuse Organverkleinerungen und das Vorliegen von Pseudozysten. Für die akute Pankreatitis wurde als wichtiger diagnostischer Hinweis die laterale bzw. posteriore Ausdehnung von entzündetem Gewebe in die pararenalen Fettschichten angegeben. Diese

Ausdehnung kann bis zur seitlichen Bauchwand reichen (22). Auch Veränderungen der Dicke der Gerota-Faszie können zur Diagnose einer akuten Pankreatitis beitragen. Während bei nur 5 % der Patienten mit normaler Bauchspeicheldrüse eine Gerota-Faszie von mehr als 3 mm Dicke im Computertomogramm gemessen werden kann, wird dieser Wert bei fast jedem zweiten Patienten mit Pankreatitis überschritten (72). Bei Patienten mit Pankreatitis ist auch in 27 % der Fälle die Dichte des perirenaln Fetts über den Wert von -92 HE erhöht (72). Akute Rezidive einer chronischen Pankreatitis lassen sich durch die CT besonders gut erkennen, da sie die nebeneinander vorkommenden Kriterien beider Entzündungsformen gut differenzieren kann (Abb. 29).

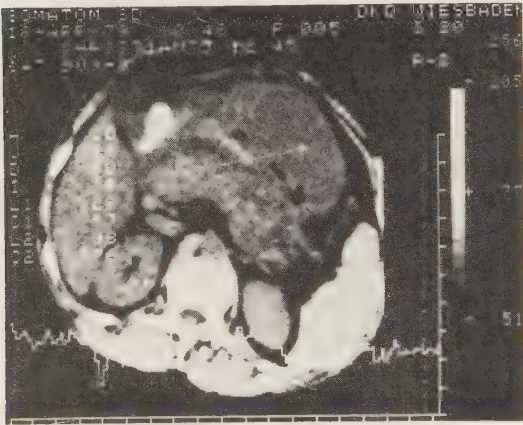


Abb. 29: Akutes Rezidiv einer chronischen Pankreatitis (Pseudozyste) in Form einer hämorrhagischen, abszedierenden Pankreatitis (operativ bestätigt) - Gleichzeitig "variabler Profilschnitt": Verteilung von Dichtewerten auf der gewählten Bildmatrixzeile.

Die Möglichkeit, verschiedene Gewebsdichten zu erfassen, bewirkt, daß die CT zystische Prozesse unterschiedlicher Genese in nahezu 100 % der Fälle erfaßt und dem Ultraschall überlegen ist (50). Besonders infizierte Pseudozysten können von der CT sicherer differenziert werden (14), was für die Therapie von Bedeutung ist, da infizierte Pseudozysten meist drainiert werden müssen, während unkomplizierte Pseudozysten konservativ behandelt werden können (50). Es gilt aber zu beachten, daß sich auch in der Nähe neoplastischer Prozesse Pseudozysten entwickeln können (8).

Da Pseudozysten nicht bei jeder Pankreatitis vorhanden sind, die Zahlen schwanken zwischen 3 % (89) und 30 % (26), ist die Gesamttrefferquote der CT bei weniger foudroyanten Formen der Pankreatitis deutlich geringer als bei Pseudozysten. Einige Ergebnisse aus der Literatur sind mit den eigenen Zahlen in der Tabelle 22 zusammengefaßt:

Autoren	CT	US
Baert (1977)	66,6 %	70,8 %
Sheedy (1977)	80,5 %	70,0 %
Cotton (1978)	63,0 %	36,0 %
Levitt (1978)	71,4 %	35,7 %
Ferrucci (1979)	56,0 %	25,0 %
Fiegler (1980)	84,8 %	69,6 %
eigenes Krankengut (zum Teil selektioniert)	87,8 %	38,1 %

Wie die Tabelle zeigt, ist die Sonographie der CT in der Diagnose entzündlicher Pankreasprozesse - mit Ausnahme von BAERT et al. - deutlich unterlegen. Es ist zwar berechtigt zu sagen, daß sich beide Methoden in vielen Fällen ergänzen (63), doch geschieht dies allzu oft mit dem Grundtenor, als seien beide Methoden deshalb auch gleichwertig. Von den nicht-invasiven Methoden halten wir die CT für überlegen. Bei geringsten Unklarheiten nach einer sonographischen Untersuchung sollte bei klinischem Verdacht auf eine Pankreaserkrankung die CT eingesetzt werden. Verlaufskontrollen bei akuter Pankreatitis sind wegen der besseren Reproduzierbarkeit und Bilddokumentation mit der CT leichter und genauer durchführbar (Abb. 30).

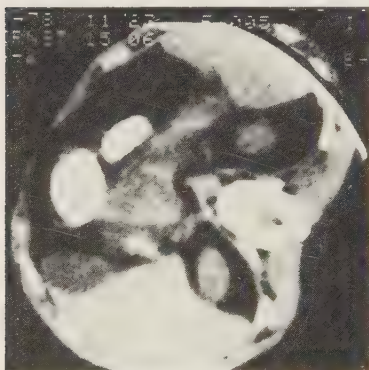


Abb. 30a

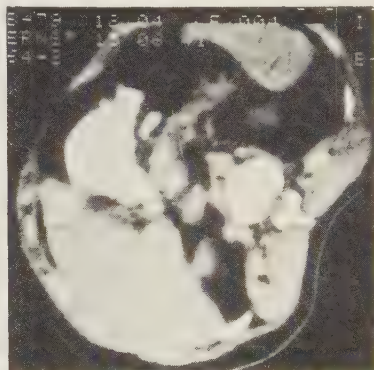


Abb. 30b

Abb. 30 a,b: Verlaufsbeobachtung einer akuten Kopfpankreatitis. Nach zweimonatiger konservativer Therapie hat sich die erhebliche Pankreaskopfvergrößerung auf normale Maße zurückgebildet (30 b).

Die CT bietet eine gute Entscheidungshilfe für das therapeutische (operativ/konservativ) Vorgehen. Dabei soll selbstverständlich nicht außer acht gelassen werden, daß sie wegen der relativ langen Dauer der Einzeluntersuchungen, der begrenzten Anzahl der Geräte und der zusätzlichen Kosten nicht die Kapazität hat, tatsächlich auch als Vorfelduntersuchung eingesetzt zu werden (63).

6.0 ERGEBNISSE DER NEBENNIERENUNTERSUCHUNGEN

6.1 Normale Anatomie

Die entwicklungsgeschichtlich aus zwei Abschnitten unterschiedlicher Herkunft bestehenden Nebennieren sind in der CT in der Regel sehr gut darstellbar. Es wurden Trefferquoten von 96,7 % (77) und 99 % (91) beschrieben. Die rechte Nebenniere liegt unmittelbar oberhalb und anteriomedial zum oberen Pol der rechten Niere (47) und schmiegt sich posterolateral der Vena cava inferior an. Die Konfiguration kann selbst bei demselben Patienten von Schicht zu Schicht wechseln. Am häufigsten wurde die Form eines umgedrehten V und eines Kommas beobachtet, was durch das Anschneiden nur eines Schenkels möglich sein kann (47). Die linke Nebenniere liegt im Vergleich zur rechten weiter ventral und mehr kaudal (16). Sie wird vorne von der Milzvene und vom Pankreasschwanz begrenzt und weist am häufigsten die Form eines umgekehrten V oder eines umgekehrten Y auf. Für die rechte Nebenniere ist auch die Form eines X oder K beschrieben (91) (Abb. 31).

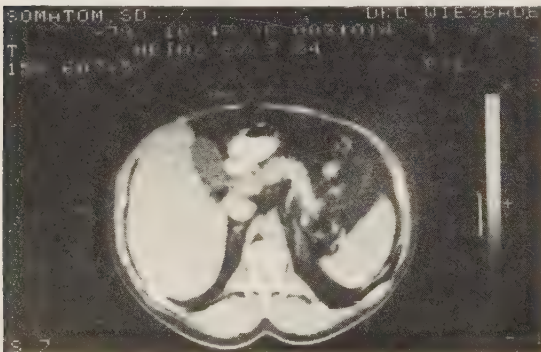


Abb. 31: Darstellung beider Nebennieren

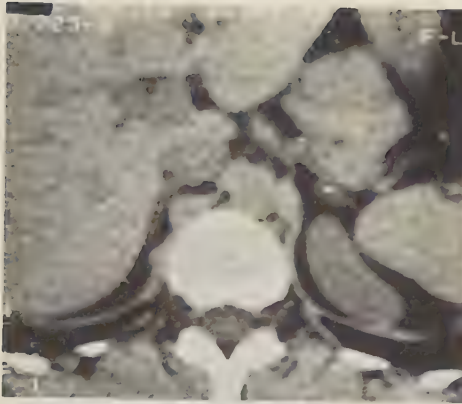


Abb. 32a



Abb. 32b

Abb. 32 a,b: Aldosteron-produzierendes Adenom der linken Nebenniere. Man erkennt deutlich die knotige Auftreibung in der sonst linear abgebildeten Nebenniere (Abb. 32a). Bestätigung durch Nebennierenvenenkatheterisierung mit Hormonanalyse und phlebographische Darstellung (Abb. 32b).

Die Größe beider Nebennieren ist annähernd gleich, die ventrodorsale Ausdehnung beträgt zwischen 2,0 und 2,5 cm und die lateromediale Dicke weniger als 1,0 cm (69). Die kranio-kaudale Ausdehnung überschreitet selten 3,0 cm (47). Der Rand der normalen Nebenniere ist immer gerade oder leicht konkav; eine konvexe oder runde Oberfläche spricht immer für einen pathologischen Prozeß (47) (Abb. 32).

Die Nebennieren zeigen in der CT Dichtewerte von 30 bis 40 HE. Liegen die Werte bei 0 bis 15 HE, sind sie Flüssigkeits-äquivalent und deuten auf eine zystische Veränderung hin. Hounsfield-Einheiten unterhalb des Nullwertes treten bei fett- bzw. lipidreichen Raumforderungen auf (16).

6.2 CT-Befunde bei Nebennierenerkrankungen

Computertomographische Kriterien zur Erfassung pathologischer Nebennierenprozesse sind Veränderungen der Größe, der Kontur und Dichte. Wichtigstes Kennzeichen ist die Aufhebung der geraden oder leicht konkaven Berandung der Nebennieren.

Einseitige Nebennierenvergrößerungen sind gewöhnlich durch Phäochromozytome, kortikale Adenome oder Karzinome bedingt. Keine Schwierigkeit bereitet die Erkennung von Phäochromozytomen, wenn sie ihren typischen Sitz in oder dicht bei den Nebennieren einnehmen, was in 90 % der Fall ist. Zur Zeit der klinischen Manifestation hat das Phäochromozytom gewöhnlich eine stattliche Größe erreicht (Abb. 33). Die Mehrzahl weist bei der Entdeckung einen Durchmesser von mehr als 2 cm auf (88). Es wurden aber

schon Phäochromozytome mit einem Durchmesser von 1,5 cm diagnostisch erfaßt (55). Dichtemessungen sind differentialdiagnostisch meist unergiebig. Falls nicht Nekrosen oder Blutungen vorliegen, die unterschiedliche Dichtewerte bei markanten zentralen Hypodensitäten zeigen (32), sind die Phäochromozytome zum normalen Nebennierenparenchym isodens (16). Verkalkungen und zystische Veränderungen können vorkommen, sind aber sehr selten (68, 88).

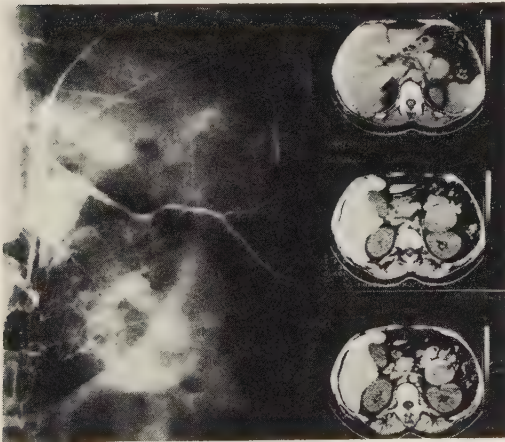


Abb. 33: Phäochromozytom der linken Nebenniere. Sowohl auf dem Computertomogramm als auch auf dem Arteriogramm kommt noch ein lanzettenförmiger, isodenser Anteil der linken Nebenniere zur Darstellung.

Auch Karzinome der Nebennieren werden selten im Computertomogramm übersehen. Auch sie sind zum Zeitpunkt der klinischen Manifestation gewöhnlich von beachtlicher Größe - bei Kindern können sie in 50 % der Fälle palpiert werden (48). Auf dem CT-Bild imponieren sie als runde, relativ abgegrenzte Tumo-

ren oder große, unregelmäßig geformte Gewebsmassen, die in der Regel eine inhomogene Dichte aufweisen (32). In 30 % sind bei Karzinomen der Nebennieren Kalzifikationen sichtbar, was jedoch differentialdiagnostisch ohne große Bedeutung ist, da auch bei Neuroblastomen in 30 bis 50 % der Fälle Verkalkungen nachweisbar sind (68). Nebennierenmetastasen unterscheiden sich im CT von anderen Tumoren der Nebennieren nicht (Abb. 34). Oft werden sie als Zufallsbefund entdeckt (16).

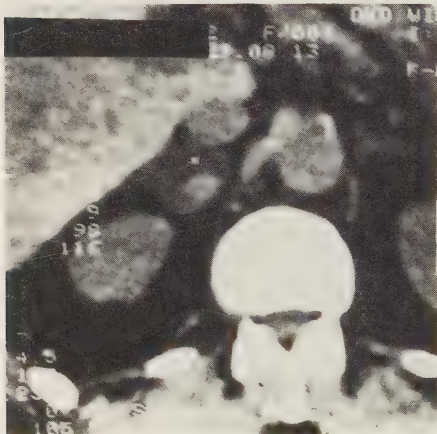


Abb. 34: Rechtsseitige Nebennierenmetastase eines Prostatakarzinoms

Für Adenome liegt die Nachweisgrenze bei einer Größe von ca. 1 cm (47, 16, 32). Falls die Adenome in den Nebennierenschenkeln lokalisiert sind, kann sie sogar noch darunter liegen (32). Gewisse Größenunterschiede scheinen sich auch dadurch zu ergeben, ob es sich bei dem Adenom um ein Aldosteron-produzierendes oder ein Kortisol-produzierendes Adenom

handelt (24). Wie für das Phäochromozytom gilt auch für das Adenom, daß es normalerweise isodens zum Nebennierenparenchym ist. Bei hohem Lipidgehalt kann ein Adenom aber auch schon einmal negative Dichtewerte zeigen (16), wie es bei den seltenen Myelolipoma der Fall ist (47, 16, 29). Ist die Unterscheidung eines Adenoms von einer Nebennierenzyste erschwert, kann die Differenzierung nach Kontrastmittelapplikation erfolgen. Während das Adenom dabei einen Dichteanstieg zeigt, bleibt der Dichtewert der Zysten unverändert (46).

Aus therapeutischen Gesichtspunkten kommt der Unterscheidung zwischen Adenomen und einer Hyperplasie der Nebennieren eine gewisse Bedeutung zu. Der Nachweis einer Hyperplasie, die meist beidseitig vorliegt, ist aber nicht leicht, da die Nebennieren oft nur geringgradig oder sogar gar nicht vergrößert sind, obwohl eine Veränderung der Nebennierenfunktion vorliegt (24, 32). Der Übergang vom Normalen zur Hyperplasie ist bisher nicht definierbar, sondern kann nur aus der Gesamtbeurteilung der Körpergröße ermessen werden (68). Als einziger Anhaltspunkt für die Diagnostik der Hyperplasie ist die konvexe Randkontur der Nebennieren verwertbar, wobei in der Mehrzahl der Fälle das Organ insgesamt vergrößert ist.

6.3 Dokumentation der CT-Befunde

Bei 288 computertomographischen Untersuchungen wurden 33 Befunde an den Nebennieren erhoben. Davon waren:

ohne Befund	19
Hyperplasie	6
Adenom	4
Phäochromozytom	2
Metastase	2

6.4 Diskussion

Auch wenn die eigenen CT-Ergebnisse an den Nebennieren aufgrund der begrenzten Zahl keinen Vergleich mit anderen Methoden oder Autoren zulassen, kann festgestellt werden, daß die CT in der Nebennierendiagnostik eine herausragende Stellung einnimmt. Sie vermag die normale Anatomie sowie pathologische Vergrößerungen der Nebennieren sicher, rasch und effektiv zu demonstrieren (47) (Abb. 35). Dabei bleibt zu beachten, daß die CT ausschließlich morphologische Veränderungen nachweisen kann, und die Differenzierung der Prozesse nach dem Erscheinungsbild im CT allein meist nicht möglich ist (47). (Diese Einschränkung ist jedoch ohne große Bedeutung, da die endokrin aktiven Erkrankungen der Nebennieren mit biochemischen Verfahren problemlos erfaßt werden (68).)

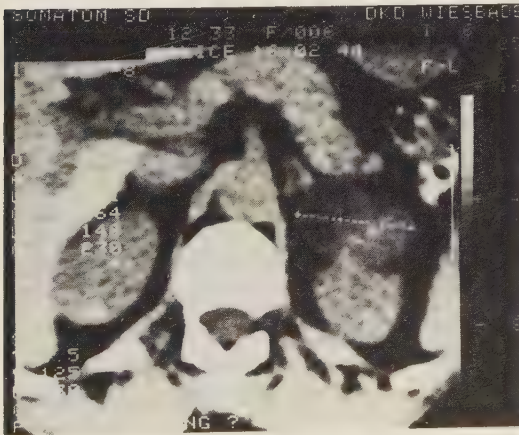


Abb. 35: Großes Cushing-Adenom links, ventral vom Adenom Darstellung des normalen Nebennierenrestes.

Am Anfang der Diagnostik stehen deshalb auch radioimmunologische Hormonbestimmungen, Funktionstests und Analysen von Abbauprodukten in Serum und Urin (16). Nachdem das Vorliegen einer Nebennierenerkrankung verifiziert worden ist, kommt der CT die Aufgabe zu, den zugrundeliegenden Prozeß zu lokalisieren (47). Das ist insbesondere beim Conn-Syndrom der Fall, wo anhand der klinischen und biochemischen Parameter nicht sicher zwischen einem Adenom und einer Hyperplasie unterschieden werden kann (32). In 70 bis 80 % liegt beim primären Hyperaldosteronismus ein solitäres Adenom vor (47, 32); weniger häufig ist eine idiopathische Hyperplasie die Ursache. Sie kann makronodulär, mikronodulär oder mikroskopisch sein (32). Besonders bei der makronodulären Hyperplasie sind Verwechslungen mit einem solitären Adenom möglich (82). Auf der anderen Seite führen die sehr seltenen beidseitigen Adenome leicht zur Fehldiagnose einer beidseitigen makronodulären Hyperplasie (32).

Wenn die CT in Verbindung mit den klinischen und biochemischen Befunden keine Abklärung erlaubt - was von therapeutischer Bedeutung ist -, kann mit Hilfe des Dexamethason-Suppressionstests und der Szintigraphie eine Unterscheidung zwischen Adenomen und Hyperplasie letztlich doch getroffen werden (77, 82). Auch bei der Szintigraphie mit ^{131}J -Cholesterin handelt es sich um ein nicht-invasives Verfahren, das aber die Nachteile in sich birgt, mit einem hohen Zeitaufwand verbunden zu sein. Es dauert 3 bis 7 Tage, bis die Ergebnisauswertung vorliegt (47, 55). Auch die Strahlenbelastung ist sehr hoch (77, 68).

Adenome konnten früher mit sehr großer Genauigkeit nur durch die Kombination von etagenweiser Venenblutentnahme und Phlebographie ermittelt werden (47). Die Phlebographie war die Methode der Wahl, setzte aber bei der Sondierung der Nebennierenvenen einige Erfahrung und Übung voraus (68). Die Sondierung gelang zwar linksseitig in über 90 % der Fälle (21), rechtsseitig führte sie jedoch zu Komplikationen wie intraadrenale Blutungen mit Schmerzen sowie möglicherweise Infarzierungen mit der Ausbildung eines M. Addison (47). Wegen des relativ hohen Risikos verliert die Phlebographie heute an Bedeutung (16, 86).

Bei endokrin aktiven Prozessen der Nebennieren (Aldosteron- und Kortisol-produzierende Adenome), die mit den radiologischen Methoden nicht erfaßbar sind, kann die Szintigraphie herangezogen werden (47, 77). Dem Hyperkortisolismus kann aber auch ein Karzinom zugrundeliegen. Da die Szintigraphie bei Karzinomen nicht aussagekräftig ist (68), sollte beim Cushing-Syndrom die CT routinemäßig am Beginn der radiologischen Diagnostik stehen, um zu einem frühest möglichen Zeitpunkt ein Karzinom zu entdecken (32).

Durch die Weiterentwicklung der CT-Geräte hat sich deren Auflösungsvermögen gegenüber den Anfangsjahren verbessert, so daß mittlerweile Prozesse unter 1,0 cm Durchmesser erfaßt werden können. So läßt sich heute mit einer Schichtdicke von 4 mm der "partial volume effect" stark reduzieren, und durch die Wahl sich überlappender Schichten kann man trotz der unvermeidbaren Atemverschiebung das Gesamtorgan gut darstellen (32).

Bei Phäochromozytomen ist die CT die Methode der Wahl (55). Nachdem die biochemische Diagnose aufgrund der Hypertonie bei pathologischem Hormonassay gefällt ist, wird die CT zur Lokalisation des Phäochromozytoms eingesetzt (32). Da 90 % aller Phäochromozytome in oder nahe bei den Nebennieren lokalisiert sind, konzentriert sich die Suche mit der CT auf die Organe und den gesamten retroperitonealen Raum (55, 32). Die Lokalisation des Phäochromozytoms ist integraler Bestandteil der Operationsvorbereitung (88), und die CT kann Präsenz, Lokalisation und Ausdehnung genauso sicher, aber mit einem geringeren Risiko als die selektive Angiographie ermitteln (88).

Bisher wurden keine Phäochromozytome kleiner als 1,5 cm mittels der CT diagnostiziert. Da die Mehrzahl der Phäochromozytome bei klinischer Manifestation größer als 2 cm sind, ist die Zahl der potentiell nicht erkannten Phäochromozytome sehr gering (88). Auch die Angiographie ist bei der Erfassung kleiner Phäochromozytome nicht problemlos. Da die Nebennieren von drei kleinen Arterien versorgt werden, kann es vorkommen, daß pathologische Prozesse in einem nicht dargestellten Organteil lokalisiert sind (17). Die Angiographie wird in Zukunft nur noch bei extraadrenalen Phäochromozytomen eingesetzt werden (17) und wenn bei positivem biochemischen Befund die CT negativ ist (32).

Die Sonographie spielt bei der Diagnose von Phäochromozytomen keine große Rolle. Erstens ist es für die Sonographie schwierig, kleine Raumforderungen in der linken Nebenniere darzustellen (55), zweitens kann die Sonographie die extraadrenal

gelegenen Phäochromozytome nicht nachweisen. Das Zuckerkandl-Organ ist oft von Darmgasen überlagert (82).

Da es auch mit der Sonographie möglich sein soll, die normale Anatomie der Nebennieren nahezu immer darzustellen - SAMPLE berichtet über 95 % richtige Ergebnisse (82) - könnte sie als Screening-Methode durchaus eine Rolle spielen (77). Einige Nachteile lassen sie dennoch gegenüber der CT zurücktreten. Die Ultraschall-Darstellung der Nebennieren ist nicht einfach zu erlernen (82). Die begrenzte Darstellung der Nebennierenregion kann zu Fehlern führen. Ferner ist die Ultraschalltechnik nur bedingt reproduzierbar und bei adipösen Patienten in der Aussagefähigkeit begrenzt (77). Bei Kindern sowie sehr mageren Patienten ist die Sonographie jedoch die Methode der Wahl; die Sonographie eignet sich ebenfalls bei Patienten, die eine große Raumforderung im Bereich der Nebennieren aufweisen. Die Möglichkeit, Longitudinalschnitte zu erstellen, erleichtert die Feststellung, ob die Raumforderung ihren Ursprung von den Nebennieren nimmt (47).

Die CT eignet sich demgegenüber gut bei adipösen Patienten. Ihr gelingt die Untersuchung auch der retroperitoneal gelegenen Nebennierenstrukturen. Sie ist als nicht-invasive Methode imstande, unabhängig von endokriner Aktivität, Gefäßversorgung oder von Voroperationen Nebennierenprozesse sicher zu lokalisieren. Die von ihr ausgehende Strahlenbelastung für den Patienten entspricht etwa der bei einer intravenösen Urographie. Ihre Grenzen liegen bei der Diagnose der Hyperplasie in der

Festlegung des Normalbereichs der Nebennieren, deren Formenreichtum recht groß ist.

Große Raumforderungen, die mehrere Nachbarorgane einbeziehen, können manchmal nicht auf den Ursprungsort bezogen werden (68). Dort wo ein CT-Gerät vorhanden ist, sollte die CT dennoch am Anfang der Nebennierendiagnostik stehen. Der Ultraschall kann die CT sinnvoll bei mageren Patienten und Kindern ersetzen (77).

7.0 ERGEBNISSE DER LYMPHKNOTENUNTERSUCHUNGEN

7.1 Normale Anatomie

Die im Becken gelegenen Lymphknoten werden gemäß den ihnen benachbarten Arterien in die inneren und äußeren iliakalen Lymphknoten unterteilt. Beide Gruppen drainieren in die hinteren pelvinen Lymphknoten, die wiederum in das aortale Lymphgeflecht drainieren, das die Aorta und die Vena cava inferior umgibt. Vier Lymphbahnen verlaufen prä- und retro-aortal sowie links der Aorta und rechts der Hohlvene und münden in Höhe des zweiten Lendenwirbelkörpers in die Cisterna chyli, von der aus der Ductus thoracicus seinen Ausgang nimmt (13). Die aortalen und iliakalen Lymphknoten sind für viele Tumoren des Retroperitoneums und der Beckenorgane Filter und Sammelstation maligner Zellen, die auf dem Lymphwege aus dem Primärtumor abgeschwemmt werden (46).

7.2 CT-Befunde von Lymphknotenveränderungen

Computertomographisch sind Lymphknoten - abhängig von der Lokalisation - ab einer Größe von 1 bis 3 cm erfaßbar. Sie fallen als rundliche, scharf begrenzte Raumforderungen auf (54). Eine Strukturanalyse ist weder in lymphographisch kontrastierten, noch in nicht kontrastierten Lymphknoten möglich. Lediglich eine Vergrößerung ist mit der CT erkennbar (13); wegen der homogenen Gewebsdichte der Lymphknoten kann man nicht zwischen Metastasen, primären Neoplasien und unspezifischen Lymphknotenvergrößerungen differenzieren (54). Eine Ausnahme bilden Nekrosen, die besonders häufig bei Lymphknotenmetastasen

anzutreffen sind. Lymphzysten, die nach Lymphadenektomie entstehen, können mit der CT von Rezidiven aufgrund der geringeren Dichte (10 bis 20 HE) unterschieden werden (13).

Ungünstig stellen sich Lymphknoten in der Nähe von quer- oder schräg geschnittenen Gefäßen und Darmabschnitten im Becken, Mesenterium und am Nieren-, Milz- sowie Leberhilus dar. Die Diagnostik läßt sich erleichtern, indem durch die intravenöse Gabe von nierengängigen Kontrastmitteln die Dichte innerhalb der Gefäße angehoben wird (54). Probleme für die Diagnostik ergeben sich auch, wenn vergrößerte Lymphknoten mit benachbarten Strukturen verschmelzen (Abb. 36). Auf der anderen Seite kann auch ein verdickter Zwerchfellschenkel zu einem falsch-positiven Befund führen (92) (s. Abb. 32a).

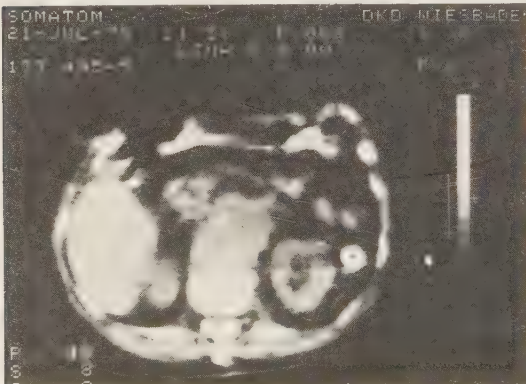


Abb. 36: Retroperitoneale Lymphknotenmetastasen bei inoperablem verhornenden Plattenepithel-Karzinom des Uterus; im Nativ-CT keine Abgrenzbarkeit der großen retroperitonealen Gefäße möglich.

7.3 Dokumentation der CT-Befunde

Bei 288 computertomographischen Untersuchungen wurden 20 Befunde an retroperitoneal gelegenen Lymphknoten erhoben. Davon waren:

Metastasen:	8
unspezifische Vergrößerungen:	5
Hodgkin-Lymphome:	4
ohne Befund:	3

Außer der CT waren bei diesen 20 Fällen viermal die Sonographie, viermal die Lymphographie und einmal die Urographie eingesetzt worden. Die Tabelle 24 gibt die richtigen und falschen Ergebnisse für die verschiedenen Methoden wider:

	CT				US				LG				Uro			
	r+	r-	f+	f-	r+	r-	f+	f-	r+	r-	f+	f-	r+	r-	f+	f-
Metastasen	8				1				1				1			
unspez. Vergr.	5						1		1							
Hodgkin-Lymph.	4				1				1							
ohne Befund	3						1		1							

Bei den falsch-positiven Ergebnissen des Ultraschalls war eine Lymphknotenvergrößerung im Bereich des Nierenhilus als eine renale Raumforderung fehlgedeutet worden; im anderen Fall bei nicht vorliegendem Rezidiv nach Lymphadenektomie eine Lymphknotenvergrößerung präkaval beschrieben worden.

7.4 Diskussion

Obwohl die Fallzahl der Lymphknotenbefunde im Retroperitonealraum zu gering ist, um repräsentativ zu sein, zeigen die Ergebnisse, daß Computertomographie und Lymphographie die geeignetsten Methoden zur Diagnose pathologischer Lymphknotenveränderungen darstellen. Welchen der beiden Verfahren als Erstuntersuchung der Vorzug zu geben ist, hängt überwiegend von der Verdachtsdiagnose ab.

Handelt es sich um eine bereits histologisch gesicherte Erkrankung, wird die CT zuerst zum Einsatz kommen (13, 54). Besonders gut eignet sie sich für die Erfassung von Systemerkrankungen. Dabei gelingt ihr besser, die befallenen paraaortalen als die pelvinen Lymphknoten darzustellen. Letztere lassen sich oft von den großen Beckengefäßen nur schwer abgrenzen (27). Dafür ist die CT in der Lage, jene Lymphknotenpakete darzustellen, die von der pedalen Lymphographie nicht erreicht werden: Proximal der Cisterna chyli, im Bereich des Hiatus diaphragmatis, des Mesenteriums, des Mediastinums, der Leber- und Milzhili (54) sowie retrocrural (84) (Abb. 37). Im Gegensatz zur Lymphographie gibt die CT die vorhandenen Ausmaße der Lymphknoten realer wider (13, 27, 92) - das gilt vor allem für die räumliche Ausdehnung nach lateral und kranial (73). Dies ist u. a. für die Planung einer Strahlentherapie (54) und für chirurgische Eingriffe (92) von Bedeutung (Abb. 38). Eine weitere Domäne der CT ist die Diagnose von Lymphknotenmetastasen bei Hodentumoren, die primär in parailäre Stationen der Nierenhili metastasieren. Diese Lymphknotenmetastasen liegen außerhalb der normalen Drainage der Becken- und Beinlymphgefäße (27).

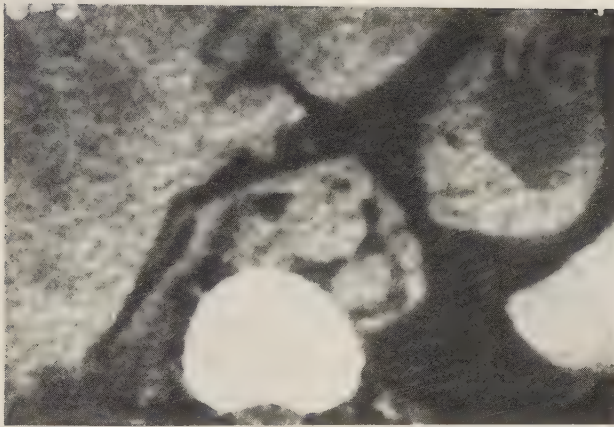


Abb. 37: Retrocrurale Lymphknotenmetastase links hinter der Aorta (durch Obduktion gesichert) bei metastasierendem Bronchialkarzinom (s. auch Lebermetastasen in der linken Bildhälfte).

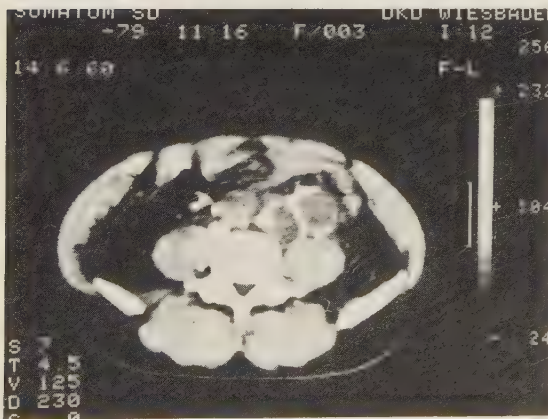


Abb. 38: Lymphknotenmetastasen eines Seminoms; Zustand nach Lymphographie. Das Kontrastmittel ist nur in den Randsinus nachweisbar, da der gesamte Lymphknoten von Tumorgewebe infiltriert ist.

Einschränkend muß allerdings festgehalten werden, daß die Erfassung von Lymphknotenmetastasen im CT von der Vergrößerung der Lymphknoten abhängt (13), weshalb der Einsatz der CT zum Teil hauptsächlich für die fortgeschrittenen Stadien von Lymphknotenerkrankungen empfohlen wird (2). Bei normal großen Lymphknoten erlaubt die CT keine Differenzierung zwischen nicht erkrankten sowie tumorös oder entzündlich veränderten Bereichen (46). Aus diesem Grund ist die Lymphographie immer dann indiziert, wenn bei entsprechendem klinischen Verdacht im CT keine Lymphknotenvergrößerung nachgewiesen werden konnte (13). Da die Lymphographie unabhängig von der Größe der Lymphknoten Veränderungen des Speichermusters der Lymphknoten erkennen kann, eignet sie sich als Erstuntersuchung bei histologisch nicht gesicherten Erkrankungen (54). Auch der Nachweis inguinaler und iliakaler Lymphknotenmetastasen ist der Lymphographie vorbehalten, da durch sie gerade die Lymphknoten entlang der Vasa iliaca externa und von dort diejenigen der lumbalen Gruppe mit Kontrastmittel gefüllt werden (46). Bei der Stadieneinteilung von primären Lymphknotenmetastasen besitzt die Lymphographie iliakal wie paraaortal eine größere Sensitivität ($= \frac{\text{richtig positiv} \times 100}{\text{richtig pos.} + \text{falsch neg.}}$) und Spezifität ($= \frac{\text{richtig negativ} \times 100}{\text{richtig neg.} + \text{falsch pos.}}$) als die CT (13, 27, 54) (Abb. 39).

Ein weiterer Vorteil des CT-Einsatzes ergibt sich aus der gleichzeitigen Abbildung anderer Organe. So kann eine Vergrößerung der Milz und damit eine Milzbeteiligung durch die CT erkannt werden, wobei jedoch eine fehlende Milzvergrößerung den Organbefall nicht ausschließt (54). Leber- und Milzherde können im CT anhand von hypodensen Parenchymverände-

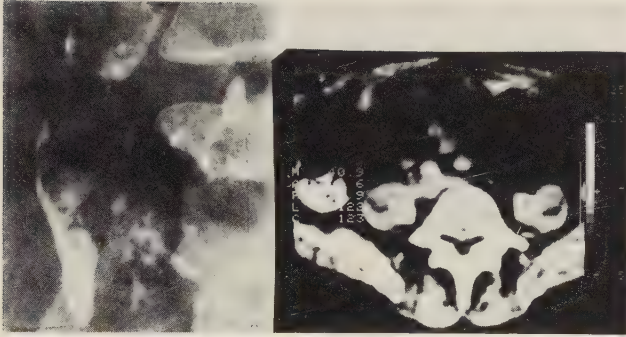


Abb. 39: Iliakale Lymphknotenmetastase bei Peniskarzinom; der sichere CT-Nachweis der Metastase ist nur bei Kenntnis des lymphographischen Befundes (linke Bildhälfte) möglich: Becherförmige Kontrastmittelaussparung.

rungen erfaßt werden (54), vorausgesetzt, sie sind nicht kleiner als 1 cm im Durchmesser (27). ZELCH und Mitarbeiter fanden in drei von sechs Fällen eine Milzbeteiligung (92), im eigenen Patientengut war in keinem Fall ein Organbefall der Milz beschrieben worden.

Unbezweifelt ist auch die Bedeutung der CT in der Therapiekontrolle (2, 27, 92). Sowohl der Behandlungserfolg als auch das Auftreten von Rezidiven können durch die CT hinreichend beurteilt werden, so daß sich oft eine Relymphographie vermeiden läßt (46). Bei vorausgegangener Lymphographie kann die Therapiekontrolle zunächst (bis zu einem Jahr) durch konventionelle Röntgenaufnahmen erfolgen, da sich die Kontrastmittelfüllungen in den Lymphknoten relativ langsam abbauen. Nach einem Jahr ist jedoch in der Mehrzahl der Fälle der Kontrast-

mittelgehalt nicht mehr ausreichend, so daß ab diesem Zeitpunkt der CT der Vorrang zur Therapiekontrolle gegeben werden sollte (57).

Der Ultraschall ist in der Erfassung von Lymphknoten-erkrankungen sowohl der CT als auch der Lymphographie aus verschiedenen Gründen unterlegen. Die Sonographie ist überall dort in ihren Möglichkeiten eingeschränkt, wo Luft eine vollständige Reflexion der Schallwellen (insbesondere iliakal) oder Knochenstrukturen Störreflexe verursachen (13). Die Nodi lymphatici mediastinales inferiores dorsales (13) und der Hiatus diaphragmatis (54) sind dem Ultraschall nicht zugänglich. Da die Milz im Ultraschall nicht immer vollständig abgebildet werden kann, ist auch die Organgrößenbestimmung nicht so präzise wie mit der CT (54). Mit der CT teilt die Sonographie die Unmöglichkeit, die innere Struktur der Lymphknoten zu differenzieren (13).

Abschließend sei bemerkt, daß außer der Feinnadelbiopsie nur die invasive explorative Laparotomie in der Lage ist, über die CT und die Lymphographie hinausgehende Zusatzinformationen zu liefern. Wegen des zwar leichten, aber bestehenden Operationsrisikos sollte die Laparotomie nur vorgenommen werden, wenn eine Stadieneinteilung von Lymphomen mit den besprochenen Verfahren nicht soweit abgeklärt werden kann, daß eine am Krankheitsstadium orientierte Therapie eingeleitet werden kann (54).

8.0 ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Entwicklung der axialen Computertomographie hat eine neue Ära in der Röntgendiagnostik begonnen. Zum ersten Mal ist es möglich geworden, am lebenden Menschen einen Querschnitt des anatomischen Situs sichtbar zu machen. Doch lassen sich durch das neue Verfahren nicht nur die Lagebeziehungen verschiedener Organe zueinander bestimmen, mittels der Dichtemessung können Aussagen auch über den Gewebsscharakter getroffen werden.

Mittlerweile ist das erste Pionierstadium durchlaufen, in dem spezialisierte Zentren darangingen, für die CT spezifische Indikationsgebiete herauszufinden. Eine rasch zunehmende Zahl von Kliniken und niedergelassenen Radiologen benutzt ein CT-Gerät, und schon werden Empfehlungen ausgesprochen, bei welcher Einwohnerzahl die Aufstellung eines CT-Gerätes rentabel ist. Der Phase überschwenglicher Erwartungen in die zukünftigen Anwendungsgebiete folgt nun die Zeit der breiten Überprüfung der Praktikabilität der CT.

Es konnten in den vergangenen Jahren ausreichend viele Erfahrungen mit der neuen Methode gesammelt werden, daß es sinnvoll erschien, die Wertigkeit der CT im Vergleich zu anderen radiologischen Verfahren wie dem Ultraschall und der konventionellen Röntgen-Diagnostik zu ermitteln. Doch sollte dazu nicht ein ausgesuchtes Patientengut hochspezialisierter Zentren zugrundegelegt werden, vielmehr wurde der bereits erfolgten Verbreitung der CT Rechnung getragen und der praktische Diagnosealltag mit einem gemischten Patientengut beleuchtet. Aus

dem Dokumentationsmaterial der Deutschen Klinik für Diagnostik in Wiesbaden wurden vom Zeitpunkt der Installation eines CT-Gerätes an 288 konsekutive Fälle ausgewertet, bei denen eine fragliche Erkrankung an Organen des Retroperitonealraums (Nieren, Pankreas, Nebennieren und Lymphknoten) mittels der CT abgeklärt werden sollte.

Für jedes Organ wurden die negativen und positiven Ergebnisse aufgeschlüsselt und, soweit möglich, mit jenen anderer radiologischer Methoden verglichen. Die CT war selten die Erst- oder einzige Untersuchung. Oft lagen bereits radiologische Befunde - auch von außerhalb der DKD - vor, und die CT hatte die Aufgabe, die Voruntersuchungen zu bestätigen bzw. unsichere Befunde abzuklären.

Die vorliegende retrospektive Untersuchung war für statistische Berechnungen ungeeignet. Erstens fanden nur solche Fälle Eingang in die Studie, die mit anderen Methoden noch nicht eindeutig diagnostiziert worden waren (Negativauslese), zweitens wurden die Voruntersuchungen von verschiedenen Untersuchern durchgeführt; ein Umstand, der besonders bei der Beurteilung der Qualität der Ultraschall-Untersuchungen berücksichtigt werden muß. Unabhängig davon lagen bei den untersuchten Organen für die einzelnen Methoden keine ausreichend hohen Fallzahlen vor, durch die eine Errechnung statistischer Signifikanzen möglich gewesen wäre.

Bei den insgesamt 288 computertomographischen Untersuchungen wurden 171 nephrologische Befunde erhoben, 69mal handelte es sich um eine Zyste und 24mal um ein Malignom. Die höchste Trefferquote wurde

mit der CT erzielt (100 %), während mit dem Ultraschall 64 % und mit der Angiographie 92 % dieser pathologischen Prozesse richtig erkannt wurden. In 45 Fällen lautete die Diagnose "ohne Befund". Hier war die CT mit 97,8 % erfolgreich. Die Urographie stellte in 77,3 % und die Sonographie in 35,7 % der Fälle die richtige Diagnose. Eine Gruppe von 33 Fällen setzte sich aus verschiedenen Befunden wie Hydronephrose, Lipomatose, Hypoplasie, Nierensteine etc. zusammen. In 87,8 % erzielte die CT die richtige Diagnose. Der Ultraschall war mit 30 %, die Urographie mit 80 % und die Angiographie mit 100 % erfolgreich.

Am Pankreas wurden mit der CT 64 Befunde erhoben. Neben 33 Pankreatitiden, 7 Karzinomen und einer Zyste lautete die Diagnose 23mal "ohne Befund". In 87,8 % der Pankreatitisfälle ermittelte die CT das richtige Ergebnis. Der Ultraschall war in 38,1 % erfolgreich. Die Karzinome wurden alle von der CT erkannt, wohingegen der Sonographie zwei von fünf Fällen entgingen.

An den Nebennieren wurden 33 und an den retroperitonealen Lymphknoten 20 Befunde erhoben. Hier waren andere Diagnoseverfahren als die CT so selten zum Einsatz gekommen, daß kein wirklicher Vergleich der Ergebnisse möglich war.

Daß die CT allgemein besser abschnitt als die anderen Verfahren, kann nicht verwundern, da es sich bei dem untersuchten Patientengut um eine Negativauslese handelte. Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen. Bei den Erkrankungen der Niere steht wegen ihrer vielfältigen

Anwendungsmöglichkeiten und der gleichzeitigen Erfassung von Nebenbefunden die konventionelle Urographie an erster Stelle der radiologischen Diagnostik.

Bei bestehendem Verdacht auf eine Raumforderung wird sich in der Regel zunächst eine Ultraschalluntersuchung anschließen, vorausgesetzt, bestimmte Vorbedingungen sind gegeben. Der Patient darf nicht zu adipös sein, und die pathologischen Veränderungen müssen sich an Stellen befinden, die nicht von anderen Strukturen überlagert sind. So entgehen der Sonographie beispielsweise leicht Zysten im oberen Polbereich der Nieren, weil die darüberliegende 12. Rippe zu Störreflexen führt. Außerdem dürfen keine Erkrankungen vorliegen, bei denen die Bauchdecken schmerzhaft sind und die Berührung mit dem Schallkopf nicht möglich ist. Für die Sonographie spricht andererseits die Tatsache, daß sie aufgrund der fehlenden Strahlenbelastung risikofrei ist. Die Einzeluntersuchung ist billiger als etwa bei der CT, was jedoch dadurch relativiert wird, daß selbst richtig positive Ergebnisse der Sonographie nicht immer so verbindlich sind, daß auf eine weitere Diagnostik verzichtet werden könnte. Der Wert der Methode ist in besonderer Weise von der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Unter Berücksichtigung der genannten Einschränkungen gelingt es der Sonographie besonders gut, zwischen einer zystischen und einer soliden Raumforderung zu unterscheiden. Aussagen über die Natur einer gefundenen soliden Raumforderung sind dagegen sehr viel schwieriger.

Wegen ihrer Fähigkeit der Dichtemessung von Geweben fällt dies der CT leichter, die sich der Sonographie bei unklaren Befunden anschließt. Die CT eignet sich als zweite Methode nach der Urographie aber in solchen Fällen, mit denen die Sonographie Probleme hat. Besonders bei adipösen Patienten bringt die CT gute Ergebnisse. Da die CT einen Gesamtquerschnitt des Körpers liefert, ist sie nicht organbezogen und unabhängig von Strukturüberlagerungen. Sie kann wertvolle Nebentbefunde diagnostizieren und ist weniger vom Bediener abhängig. Dafür ist sie in der Anschaffung und Betreibung kostenintensiv und birgt zudem für den Patienten ein Strahlenrisiko in sich.

Während die CT in der Diagnose von Nierenzysten dem Ultraschall nur geringfügig überlegen ist - sie erfaßt auch solche Zysten, die im oberen Polbereich und in Hilusnähe liegen, und die kleiner als 3 cm sind - bietet die CT bei der Stadieneinteilung von Hypernephromen wesentliche Vorteile. Als einzige nicht-invasive Methode erlaubt die CT die recht genaue Bestimmung der Malignomgröße. Sie stellt sehr deutlich das Überschreiten der Organgrenzen dar und gibt die Möglichkeit, die exakte Tumorausdehnung in den Retroperitonealraum, einen Einbruch in die Nierenvene sowie regionäre Lymphknoten-Metastasen zu erfassen. Die exakte Lokalisation und Berechnung des Zielvolumens geben für die Therapieplanung (operative und Strahlentherapie) wesentliche Hinweise. Eine Domäne der CT ist die Verlaufskontrolle nach Nephrektomien. Da mit der CT in Wiederholungsuntersuchungen immer wieder die annähernd gleiche Schnittebene aufgesucht werden kann, ist es möglich, Rezidive schon sehr frühzeitig zu erkennen.

Die dritte Stufe der Nierendiagnostik bildet die invasive Methode der Angiographie. Obwohl sie in der Tumordiagnostik gegenüber der CT als gleichwertig zu betrachten ist, wird die rein diagnostische Angiographie von der CT mehr und mehr zurückgedrängt. Ihr Schwerpunkt wird sich auf therapeutische Maßnahmen wie die Embolisation und Katheterangioplastie verlagern.

In der Pankreasdiagnostik richteten sich die Hoffnungen bei der CT auf die Früherkennung von Karzinomen. Diese Hoffnung hat sich aber bislang nicht erfüllt, da man mit der CT einen Pankreastumor erst erfassen kann, wenn die Bauchspeicheldrüse lokal oder diffus vergrößert ist. Die direkten Karzinomzeichen Konturunregelmäßigkeit, Obliteration des peripankreatischen Raumes sowie erniedrigte Dichtewerte sind auch bei der akuten bzw. chronischen Pankreatitis zu beobachten. Deshalb ist die Differenzierung zwischen Karzinom und Entzündung nahezu unmöglich, wenn nicht die sogenannten sekundären Begleitbefunde hinzukommen: erweiterte Gallengänge, die Dilatation des Ductus pancreaticus und Metastasen in den peripankreatischen und retroperitonealen Lymphknoten sowie in der Leber. Im eigenen Patientengut wurden zwar alle sieben Karzinome von der CT richtig diagnostiziert, während der Sonographie zwei Karzinome entgingen; aus der Literatur ergibt sich jedoch, daß beide Methoden nahezu gleichwertig sind. Über die bereits genannten spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Techniken hinaus ergänzen sich CT und Ultraschall auch im Fehlerspektrum. Die Sonographie weist eine höhere Zahl von nicht auswertbaren Bildern auf, bei der CT ist dagegen mit mehr falsch-positiven Ergebnissen zu

rechnen, da Prozesse in der Umgebung des Pankreas eine Bauchspeicheldrüsenvergrößerung vortäuschen können.

Bei der Diagnostik von Bauchspeicheldrüsenentzündungen ist die CT in unserer Untersuchung - in Übereinstimmung mit Ergebnissen aus der Literatur - der Sonographie deutlich überlegen. Die CT erfaßt nicht nur in nahezu 100 % der Fälle Pankreas-Pseudozysten, sie kann auch anhand anderer Zeichen gut zwischen einer akuten und chronischen Pankreatitis differenzieren, ohne durch Strukturüberlagerungen wie Darmgase beeinträchtigt zu sein. Auch Verlaufskontrollen bei einer akuten Pankreatitis sind wegen der besseren Reproduzierbarkeit und Bilddokumentation mit der CT leichter und genauer durchführbar. Gute Entscheidungshilfen bietet sie zudem für das therapeutische Vorgehen. Wegen der zu langen Dauer der Einzeluntersuchungen, der begrenzten Anzahl der CT-Geräte und der anfallenden Kosten kann die CT jedoch nicht als Vorfelduntersuchung eingesetzt werden, sondern wird in der Mehrzahl der Fälle der Sonographie folgen.

In der Nebennierendiagnostik nimmt die CT eine herausragende Stellung ein. Sie vermag die normale Anatomie und pathologische Vergrößerungen der Nebennieren sicher, rasch und effektiv zu demonstrieren. Da die CT ausschließlich morphologische Veränderungen nachweist, kommt ihr die Aufgabe zu, den durch Hormonbestimmungen, Funktionstests und Analysen von Abbauprodukten in Serum und Urin diagnostizierten Krankheitsprozeß zu lokalisieren. Bei der Suche nach Phäochromozytomen ist die CT die Methode der Wahl. Die Mehrzahl der Phäochromozytome ist bei klinischer Manifestation größer als 2 cm und damit für die CT gut erfaßbar.

Eine wichtige Hilfestellung leistet die CT auch bei der Abklärung des Conn-Syndroms, wo anhand der klinischen und biochemischen Parameter allein nicht sicher zwischen einem Adenom und einer Hyperplasie der Nebennieren unterschieden werden kann. Bei Fällen, die im CT ungeklärt bleiben, kann unter Umständen die Szintigraphie weiterhelfen. Da dem Hyperkortisolismus auch ein Karzinom zugrunde liegen kann, sollte beim Cushing-Syndrom die CT routinemäßig am Beginn der radiologischen Diagnostik stehen.

Der Ultraschall tritt gegenüber der CT in den Hintergrund. Bei Kindern und sehr mageren Patienten ist er allerdings die Methode der Wahl. Außerdem bietet die Sonographie immer dann eine sinnvolle Ergänzung zur CT, wenn geklärt werden soll, ob eine große Raumforderung im Bereich der Nebennieren tatsächlich ihren Ursprung von den Nebennieren nimmt. Der Ultraschall kann hier durch die Möglichkeit, Longitudinalschnitte zu erstellen, wichtige Hinweise geben.

Auch bei der Erfassung von pathologischen Lymphknotenveränderungen kommt die CT als Erstuntersuchung in Frage. Bei bekannter Systemerkrankung kann sie vor allem jene Lymphknotenpakete darstellen, die von der pedalen Lymphographie nicht erreicht werden. Auch gibt sie die vorhandenen Ausmaße der Lymphknoten realer wider als die Lymphographie, was für die Planung einer Strahlentherapie und für chirurgische Eingriffe von Bedeutung ist. Ein anderer Vorteil der CT liegt in der gleichzeitigen Darstellung von Milzvergrößerungen und Leberherden. Auch können von der CT der Behandlungserfolg sowie das Auftreten von Rezidiven hinreichend gut beurteilt werden, so daß sich oft eine Relymphographie vermeiden läßt.

Bei normal großen Lymphknoten erlaubt die CT keine Differenzierung zwischen nicht erkrankten und tumo-
rös oder entzündlich veränderten Bereichen. Aus
diesem Grund ist die Lymphographie immer dann indi-
ziert, wenn bei entsprechendem klinischen Verdacht
keine Lymphknotenvergrößerung im CT nachgewiesen
werden konnte. Da die Lymphographie unabhängig von
der Größe der Lymphknoten Veränderungen des Speicher-
systems der Lymphknoten erkennen kann, eignet sie
sich als Erstuntersuchung bei histologisch nicht ge-
sicherten Erkrankungen. Auch der Nachweis inguinaler
und iliakaler Lymphknotenmetastasen ist der Lympho-
graphie vorbehalten. Bei der Stadieneinteilung
von primären Lymphknotenmetastasen besitzt die
Lymphographie iliakal wie paraaortal eine größere
Sensitivität und Spezifität als die CT.

Der Ultraschall ist in der Erfassung von Lymphknoten-
erkrankungen sowohl der CT als auch der Lymphogra-
phie deutlich unterlegen. Einzig die invasive explo-
rative Laparotomie ist in der Lage, über die CT und
die Lymphographie hinausgehende Zusatzinformationen
zu liefern. Bei guter Zugänglichkeit kann auch die
Feinnadelbiopsie für die zytologische Diagnose
herangezogen werden.

9.0 LITERATUR

1. Ackerman, L.V. und J. Rosai:
Surgical Pathology
Mosby, St. Louis 1974, S. 639
2. Alcorn, F.S., V.C. Mategrano, J.P. Petasnick and
J.W. Clark:
Contributions of Computed Tomography in the Staging
and Management of Malignant Lymphoma
Radiology 125 (1977) S. 717
3. Alter, A.J., D.T. Uehling and W.J. Zwiebel:
Computed Tomography of the Retroperitoneum Following
Nephrectomy
Radiology 133 (1979) S. 663
4. Ambrose, J.:
Computerized Transverse Axial Scanning (Tomography)
Part II. Clinical Application
Br. J. Radiol. 46 (1973) S. 1023
5. Ammon, J., W. Frik, J.H. Karstens, H. Rübben und
J. Schoffers:
Ganzkörper-Computertomographie bei Erkrankungen
des Urogenitalsystems
Urologe A 18 (1979) S. 1
6. Anacker, H., H.-J. Heller, N. Rupp, H.-D. Weiss
und H. Fuchs:
Die Computer-Tomographie des Pankreas
Dtsch. med. Wschr. 102 (1977) S. 3
7. Anderegg, L.A.:
Les possibilités de l'ultrasonographie abdominale
Schweiz. med. Wschr. 109 (1979) S. 1076
8. Baert, A.L., E. Ponette, J. Pringot, G. Marchal,
A. Dardenne und Y. Coenen:
Axiale Computer-gesteuerte Tonometrie bei akuter
und chronischer Pankreatitis
Radiologie 17 (1977) S. 181
9. Baert, A.L., G. Marchal, G. Wilms und W. v. Dooren:
Vergleich Computertomographie und Ultraschall bei
Nierenerkrankungen
Röntgen-BI. 31 (1978) S. 641

10. Barkin, J., D. Vining, A. Miale, St. Gottlieb,
D.E. Redhammer and M.H. Kalser:
Computerized Tomography, Diagnostic Ultrasound,
and Radionuclide Scanning - Comparison of Efficacy
in Diagnosis of Pancreatic Carcinoma
JAMA 238 (1977) S. 2040
11. Bernardino, M.E., L.A. deSantos, D.E. Johnson and
R.B. Bracken:
Computed Tomography in the Evaluation of Postnephrec-
tomy Patients
Radiology 130 (1979) S. 183
12. Braganza, J.M., R.A. Fawcitt, W.St.C. Forbes,
I. Isherwood, J.G.B. Russell, M. Prescott,
H.J. Testa, H.B. Torrance and H.T. Howat:
A Clinical Evaluation of Isotope Scanning, Ultra-
sonography and Computed Tomography in Pancreatic
Disease
Clin. Radiol. 29 (1978) S. 639
13. Brecht, G.:
Retroperitoneale Lymphknoten
in: Ganzkörper-Computertomographie, Hrsg. von Fried-
mann, G., E. Bücheler und P. Thurn
Georg Thieme Verlag - Stuttgart - 1981
14. Butzelaar, R.M.J.M., G.L. Mulder, W.J. Kuhler,
P.D.M.F. Buyink and G. Davies:
Computer Tomography in Acute Pancreatitis
Acta Radiologica Diagnosis 19 (1978) S. 417
15. Buurman, R. und E. Grabbe:
Pankreas
in: Ganzkörper-Computertomographie, Hrsg. von Fried-
mann, G., E. Bücheler und P. Thurn
Georg Thieme-Verlag - Stuttgart - 1981
16. Buurman, R. und U. Mödder:
Nebennieren
in: Ganzkörper-Computertomographie, Hrsg. von Fried-
mann, G. E. Bücheler und P. Thurn
Georg Thieme-Verlag - Stuttgart - 1981
17. Cordes, U., M. Georgi, R. Günther und J. Beyer:
Adrenale und extrarenale Phäochromozytome
Dtsch. med. Wschr. 104 (1979) S. 317
18. Cormack, A.M.:
Representation of a Function by its Line Integrals,
with some Radiological Applications
J. Appl. Physics 34 (1963) S. 2722

19. Cotton, P.B., M.E. Denyer, L. Kreel, J. Husband, H.B. Meire and W. Lees:
Comparative clinical impact of endoscopic pancreatography, grey-scale ultrasonography, and computed tomography (EMI scanning) in pancreatic disease: preliminary report
Gut, 19 (1978) S. 679
20. Dailey, E.T., R.M. Rozanski, S.A. Kieffer and W.M. Dinn:
Computed Tomography in genitourinary pathology
Urology 12 (1978) S. 95
21. Davidson, J.K., P. Morley, G.D. Nurley and N.G.H. Holford:
Adrenal venography and ultrasound in the investigation of the adrenal gland. An analysis of 58 cases.
Brit. J. Radiol. 48 (1975) S. 435
22. Dembner, A.G., C.C. Jaffe, J. Simeone and J. Walsh:
A New Computed Tomography Sign of Pancreatitis
American Journal of Radiology 133 (1979) S. 477
23. Dixon, A.K., J.G.C. Kingham, I. Kelsey Fry and A.M. McLean:
Computed Tomography in Patients with an Abdominal Mass: Effective and Efficient? A Controlled Trial
The Lancet, May 30, 1981, S. 1199
24. Dunnick, N.R., E.G. Schaner, J.L. Doppman, C.A. Strott, J.R. Gill and N. Javadpour:
Computed Tomography in Adrenal Tumors
Amer. J. Roentgenol. 132 (1979) S. 43
25. Engelstad, B.L., B.L. McClennan, R.G. Levitt, R.J. Stanley and St.S. Sagel:
The Role of Pre-contrast Images in Computed Tomography of the Kidney
Radiology 136 (1980) S. 153
26. Ferrucci, J.T., J. Wittenberg, E.B. Black, R.H. Kirkpatrick and D.A. Hall:
Computed Body Tomography in Chronic Pancreatitis
Radiology 130 (1979) S. 175
27. Feuerbach, St., N. Rupp, W. Rossmann, H.J. Heller, G. Rothenberger, R. Tauber und G. Schmidt:
Lymphknotenmetastasen-Diagnose durch Lymphographie und CT
Fortschr. Röntgenstr. 130 (1979) S. 323

28. Fiegler, W., O.H. Wegener, K. Hartmann und R. Felix:
Computertomographie und Sonographie - Vergleichs-
studie bei Erkrankungen des Oberbauches und des
Retroperitonealraumes
Fortschr. Röntgenstr. 132, 3 (1980) S. 262
29. Fink, D.W. and L.R. Wurtzebach:
Symptomatic Myelolipoma of the Adrenals
Radiology 134 (1980) S. 451
30. Friedmann, G. und L. Heuser:
Computertomographische Untersuchungen des Retroperi-
tonealraumes
Internist 19 (1978) S. 586
31. Frommhold, H., D. Koischwitz und P. Brühl:
Einsatzmöglichkeiten der Sonographie zur Differential-
diagnostik raumfordernder renaler Prozesse
Fortschr. Röntgenstr. 125 (1976) S. 452
32. Galanski, M., B.M. Cramer and H. Vetter:
Validity of Computerized Tomography in Adrenal Di-
seases
Computertomographie 1 (1981) S. 11
33. Gmelin, E., H.-D. Weiss, H.-D. Fuchs und M. Reiser:
Vergleich der diagnostischen Treffsicherheit von
Ultraschall, Computertomographie und ERCP bei der
chronischen Pankreatitis und beim Pankreaskarzinom
Fortschr. Röntgenstr. 134 (1981) S. 136
34. Haaga, J.R., R.J. Alfidi, M.G. Zelch, Th.F. Meany,
M. Boller, L. Gonzalez and G.L. Jelden:
Computed tomography of the pancreas
Radiology 120 (1976) S. 589
35. Haaga, J.R., R.J. Alfidi, Th.R. Havrilla, R. Tubbs,
L. Gonzalez, Th.F. Meaney and M.A. Corsi:
Definitive Role of CT Scanning of the Pancreas
Radiology 124 (1977) S. 723
36. Haertel, M. und L. Kreel:
Das normale Pankreas im computerisierten Tomogramm
Fortschr. Röntgenstr. 128 (1978) S. 1
37. Haertel, M., U. Tillmann und W.A. Fuchs:
Die akute Pankreatitis im Computertomogramm
Fortschr. Röntgenstr. 130 (1979) S. 525

38. Haertel, M., P. Probst, M. Bishop, E. Zingg und W.A. Fuchs:
Renale Computertomographie
Dtsch. med. Wschr. 106 (1981) S. 54
39. Hauenstein, K. und B. Wimmer:
Diagnostik bei Pankreaserkrankungen - nichtinvasive Methoden bevorzugen
Klinikarzt 10 (1981) S. 1070
40. Heitzmann, J.G., R.L. Goldwin and A. v. Proto:
Radiological analysis of the mediastinum
Semin. Roentgenol. 13 (1978) S. 277
41. Hermann, R.E. and A.M. Cooperman:
Current Concepts in Cancer: Cancer of the Pancreas
N. Engl. J. Med. 301 (1979) S. 482
42. Heuser, L., G. Friedmann, U. Mödder, M. Bischofsberger und J. Heising:
Diagnose und Differentialdiagnose raumfordernder Prozesse der Nieren im Computertomogramm
Röntgen-Bl. 30 (1977) S. 479
43. Heuser, L., J. Heising, G. Friedmann und R. Engelking:
Computertomographie der Nierenleistungsfähigkeit und derzeitiger Stellenwert
Urologe A 19 (1980) S. 174
44. Heuser, L.:
Nieren
in: Ganzkörper-Computertomographie, Hrsg. von Friedmann, G., E. Bücheler und P. Thurn
Georg Thieme-Verlag - Stuttgart - 1981
45. Hounsfield, G.N.:
Computerized Transverse Axial Scanning (Tomography)
Part 1, Description of System
Br. J. Radiol. 46 (1973) S. 1016
46. Hübener, K.-H.:
Röntgen - wie? wann? Band VI: Computertomographie des Körperstamms
Hrsg: Frommhold, W.
Georg Thieme-Verlag - Stuttgart/New York - 1981
47. Karstaedt, N., St.S. Sagel, R.J. Stanley, G.L. Melson and R.G. Levitt:
Computed Tomography of the Adrenal Gland
Radiology 129 (1978) S. 723

48. Kiefer, H., R. Schmarsow, S. Abdelhamid und H. Weissleder:
Diagnostik der Nebennierentumoren und Nebennierenhyperplasien
Medizinische Klinik 74 (1979) S. 1456
49. Klapdor, R., E. Grabbe, J. Hagemann, N. Soehendra und G. Klöppel:
Primärdiagnostik und Stadieneinteilung des Pankreaskarzinoms
Münch. Med. Wschr. 122 (1980) S. 343
50. Kressel, H.Y., A.R. Margulis, G.W. Gooding, R.A. Filly, A.A. Moss and M. Korobkin:
CT Scanning and Ultrasound in the Evaluation of Pancreatic Pseudocysts: A Preliminary Comparison
Radiology 126 (1978) S. 153
51. Kuhns, L.R., G.S. Borlaza, R. Seigel and J.Ch. Kyung:
Localization of the Head of the Pancreas Using the Junction of the left Renal Vein and the Inferior Vena Cava
J. Comput. assist. Tomogr. 2 (1978) S. 170
52. Lackner, K., D. Koischwitz, R. Felix, H. Frommhold und P. Thurn:
Vergleich zwischen Computertomographie und Ultraschall bei abdominellen und renalen Raumforderungen
Röntgen-Bl. 31 (1978) S. 123
53. Lackner, K., H. Simon und P. Thurn:
Kardio-Computertomographie - neue Möglichkeiten in der radiologischen nicht-invasiven Herzdiagnostik
Z. Kardiol. 68 (1979) S. 667
54. Lackner, K., G. Brecht, R. Janson, K. Scherholz, A. Lützeler und P. Thurn:
Wertigkeit der Computertomographie bei der Stadieneinteilung primärer Lymphknoten-neoplasien
Fortschr. Röntgenstr. 132 (1980) S. 21
55. Laursen, K. and K. Damgaard-Pedersen:
CT for Pheochromocytoma Diagnosis
Amer. J. Roentgenol. 134 (1980) S. 277
56. Ledley, R.S., G. DiChiro, A.J. Luessenhop, H.L. Twigg,
Computerized Transaxial X-Ray Tomography of the Human Body
Science 186 (1974) S. 207

57. Lee, J.K.T., R.J. Stanley, St.S. Sagel, G.L. Melson and R.E. Koehler:
Limitations of the Post-Lymphangiogram Plain Abdominal Radiograph as an Indicator of Recurrent Lymphoma: Comparison to Computed Tomography
Radiology 134 (1980) S. 155
58. Levin, D.C., R. Wilson and H.L. Abrams:
The Changing Role of Pancreatic Arteriography in the Era of Computed Tomography
Radiology 136 (1980) S. 245
59. Levine, E., K.R. Lee and J. Weigel:
Preoperative Determination of Abdominal Extent of Renal Cell Carcinoma by Computed Tomography
Radiology 132 (1979) S. 395
60. Levitt, R.G., G.G. Geisse, St.S. Sagel, R.J. Stanley, R.G. Evens, R.E. Koehler and R.G. Jost:
Complementary Use of Ultrasound and Computed Tomography in Studies of the Pancreas and Kidney
Radiology 126 (1978) S. 149
61. Lissner, J. und U. Scherer:
Der Wert der Computertomographie bei Leber- und Milzerkrankungen
Röntgen-Bl. 32 (1979) S. 1
62. Love, L., R. Churchill, C. Reynes, G.A. Schuster, R. Moncada and A. Berkow:
Computed Tomography Staging of Renal Carcinoma
Urol. Radiol. 1 (1979) S. 3
63. Lütgemeier, J., W. Jaschke und F. Wunschik:
Angiographie und Computertomographie - konkurrierende Verfahren in der Pankreasdiagnostik
Röntgenpraxis 34 (1981) S. 73
64. Lutz, H.:
Ultraschalldiagnostik (B-Scan) in der inneren Medizin
Springer Verlag - Berlin/Heidelberg/New York - 1978
65. Magilner, A.D. and B.J. Ostrum:
Computed Tomography in the Diagnosis of Renal Masses
Radiology 126 (1978) S. 715
66. McClennan, B.L., R.J. Stanley, G.L. Melson, R.G. Levitt and St.S. Sagel:
CT of the renal cyst: is cyst aspiration necessary?
Amer. J. Roentgenol. 133 (1979) S. 671

67. Mödder, U., G. Friedmann, E. Bücheler, E. Baert, C. Lackner, G. Brecht, R. Buurmann, N. Rupp und H.J. Heller:
Wert und Ergebnisse der Computertomographie bei Pankreaserkrankungen
Fortschr. Röntgenstr. 130 (1979) S. 57
68. Mödder, U., R. Lang, J. Rosenberger und G. Friedmann:
Einsatz der Computertomographie in der Diagnostik von Nebennierenerkrankungen
Dtsch. med. Wschr. 105 (1980) S. 478
69. Montagne, J.-Ph., H.Y. Kressel, M. Korobkin and A.A. Moss:
Computed tomography of the normal adrenal glands
Amer. J. Roentgenol. 130 (1978) S. 963
70. Moss, A.A., H.Y. Kressel, M. Korobkin, H.I. Goldberg, B.M. Rohlfing and R.C. Brasch:
The Effect of Gastrografen and Glucagon on CT Scanning of the Pancreas: A Blind Clinical Trial
Radiology 126 (1978) S. 711
71. Moss, A.A., M. Federle, H.A. Shapiro, M. Ohto, H. Goldberg, M. Korobkin and A. Clemett:
The Combined Use of Computed Tomography and Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography in the Assessment of Suspected Pancreatic Neoplasm: A Blind Clinical Evaluation
Radiology 134 (1980) S. 159
72. Nicholson, R.L.:
Abnormalities of the Perinephric Fascia and Fat in Pancreatitis
Radiology 139 (1981) S. 125
73. Pilepich, M.V., J.B. Rene, J.E. Munzenrider and B.L. Carter:
Contribution of computed tomography of the treatment of lymphomas
Amer. J. Roentgenol. 131 (1978) S. 69
74. Ponette, E., J. Pringot, A.L. Baert, G. Marchal, A.N. Dardenne and Y. Coenen:
Computerized tomography and ultrasonography in pancreatitis
Acta Gastro-Enterologica Belgica XXX/X (1976) S. 402

75. Raptopoulos, V. and D. Schellinger:
Imaging of the pancreas with computed tomography
Computerized Tomography 3 (1979) S. 37
76. Redman, H.C.:
Computed tomography of the pelvis
Radiol. Clin. N. Amer. 15 (1977) S. 441
77. Reynes, C.J., R. Churchill, R. Moncada and L. Love:
Computed Tomography of Adrenal Glands
The Radiologic Clinics of North America: Symposium
on Abdominal Imaging, XVII (1979) S. 91 - W.B. Saunders Company - Philadelphia/London/Toronto
78. Robson, C.J., R.M. Churchill and W. Anderson:
The results of radical nephrectomy for renal cell carcinoma
J. Urol. 101 (1969) S. 297
79. Rochester, D., J.D. Bowie, A. Kunzmann and E. Lester:
Ultrasound in the staging of Lymphoma
Radiology 124 (1977) S. 483
80. Rückert, K. und F. Kümmerle:
Pankreaskarzinom - neue diagnostische und therapeutische Möglichkeiten
Deutsches Ärzteblatt 49 (1981) S. 2343
81. Sagel, St.S., R.J. Stanley, R.G. Levitt and G. Geisse:
Computed Tomography of the Kidney
Radiology 124 (1977) S. 359
82. Sample, W.F. and D.A. Sarti:
Computed Tomography and Gray Scale Ultrasonography of the Adrenal Gland: A Comparative Study
Radiology 128 (1978) S. 377
83. Sartor, K.:
Computertomographie bei Verletzungen der Halswirbelsäule und der oberen Brustwirbelsäule
Fortschr. Röntgenstr. 132 (1980) S. 132
84. Schoppe, W.D. und R.M. Jungblut:
Stellenwert der Computertomographie in der Diagnostik gastrointestinaler Erkrankungen
Z. Gastroenterologie 20 (1982) S. 9
85. Sheedy, P.F., D.H. Stephens, R.R. Hattery and R.L. MacCarty:
Computed Tomography in the Evaluation of Patients with Suspected Carcinoma of the Pancreas
Radiology 124 (1977) S. 731

86. Stadler, H.-W., W. Grabner und H.F. Fuchs:
Computertomographische Untersuchung der Nebennieren
Klinikarzt 8 (1979) S. 399
87. Stanley, R.J., St.S. Sagel and R.G. Levitt:
Computed Tomographic Evaluation of the Pancreas
Radiology 124 (1977) S. 715
88. Stewart, B.H., E.L. Bravo, J. Haaga, Th.F. Meaney
and R. Tarazi:
Localization of Pheochromocytoma by Computed Tomography
N. Engl. J. Med. 299 (1978) S. 460
89. Trapnell, J.E.:
The natural history and management of acute pancreatitis
Clin. Gastroenterol. 1 (1972) S. 147
90. Williamson, B., R.R. Hattery, D.H. Stephens and
P.F. Sheedy:
Computed tomography of the kidneys
Semin. Roentgenol. 13 (1978) S. 249
91. Wilms, G., A. Baert, G. Marchal and P. Goddeeris:
Computed Tomography of the Normal Adrenal Glands:
Correlative Study with Autopsy Specimens
J. Comput. assist. Tomogr. 3 (1979) S. 467
92. Zelch, M.G., J.R. Haaga:
Clinical Comparison of Computed Tomography and Lymph-
angiography for Detection of Retroperitoneal Lymph-
adenopathy
The Radiologic Clinics of North America: Symposium on
Abdominal Imaging, XVII (1979) S. 157 - W.B. Saunders
Company - Philadelphia

Anerkennung

Für die Überlassung des Themas und die vielfältige Unterstützung bei der Durchführung der Dissertation gilt mein besonderer Dank

Herrn Prof. Kiefer, Herrn Prof. Wende

Frau Belz, Herrn Christe

Frau Buir, Herrn Dr. Czempel

Herrn Prof. Dr. M. Thelen danke ich für die Erstellung des 2. Gutachtens.

Lebenslauf

6. Nov. 1946	Geburt in Neuss am Rhein als einziges Kind des kaufmännischen Angestellten Friedrich Wilhelm Spahn und dessen Ehefrau Dora, geb. Wonneberger
1953 - 1957	Besuch der katholischen Münsterschule in Neuss und der Gemeinschaftsschule in Düsseldorf-Wersten
1957 - 1966	Besuch des Humanistischen Schloßgymnasiums in Düsseldorf-Benrath
1966 - 1969	Studium der Humanmedizin an der J. W. von Goethe-Universität in Frankfurt
Sept. 1969	Physikum
1969 - 1973	Klinische Ausbildung an der Medizinischen Fakultät der Universität Düsseldorf
Sept. 1973	Medizinisches Staatsexamen
1974	Medizinalassistent am Institut für Neuropathologie im Klinikum der Universität Essen
1975 - 1977	Studium der Soziologie (Schwerpunkt Philosophie) an der J. Gutenberg-Universität in Mainz
1977 - 1978	Medizinalassistent am Karl-Olga-Krankenhaus in Stuttgart und am St.-Josefs-Hospital in Wiesbaden
Juli 1978	Approbation
1978 - 1980	Medizinisch-wissenschaftlicher Redakteur bei MEDICAL TRIBUNE
1981 -	Fachressortleiter in der medizinischen Abteilung der Firma BOEHRINGER INGELHEIM KG
seit 1979	verheiratet mit der Journalistin Barbara Fimmen

